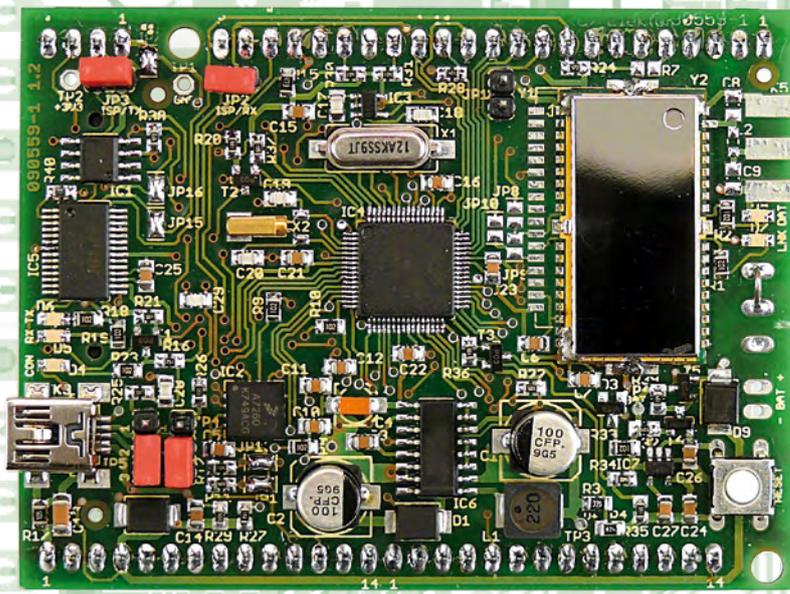


**20x
Open Source**

Elektor

www.elektor.de



**Schwing
das
ZEPTER!**

**Neues
32-bit-ARM7-System
für Rapid Prototyping**

- + Low Power Design für AVR-Schaltungen**
 - + Im Fokus: Das Altium NanoBoard 3000**
 - + Linux on a chip**
- und noch viel mehr ...**

Der kleinste der Welt ...

MODULO D

2 x 22 W Stereo-Vollverstärker



4 198630 30720 3 03

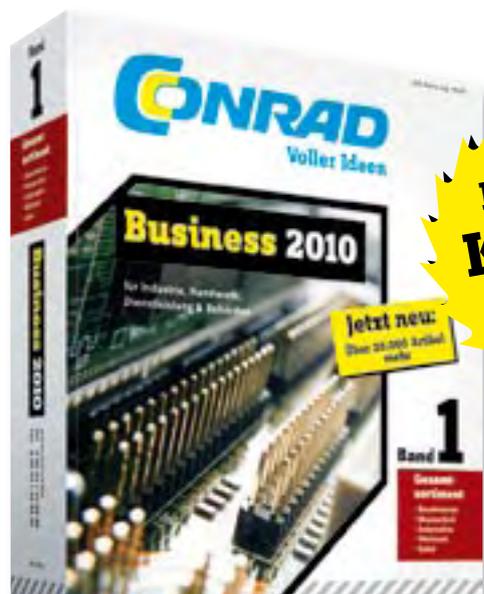


Wir liefern über Nacht



für Ihren täglichen Erfolg

Eilige Aufträge kennen keine Öffnungszeiten. Deshalb liefert Conrad bei Bedarf auch über Nacht. Egal, welche Branche oder welches Problem - Conrad hat die Lösung. Entdecken Sie jetzt noch mehr individuelle Service-Ideen und das gesamte Sortiment aus Technik und Elektronik im Business-Onlineshop unter: www.conrad.biz - alles, einfach, schnell.

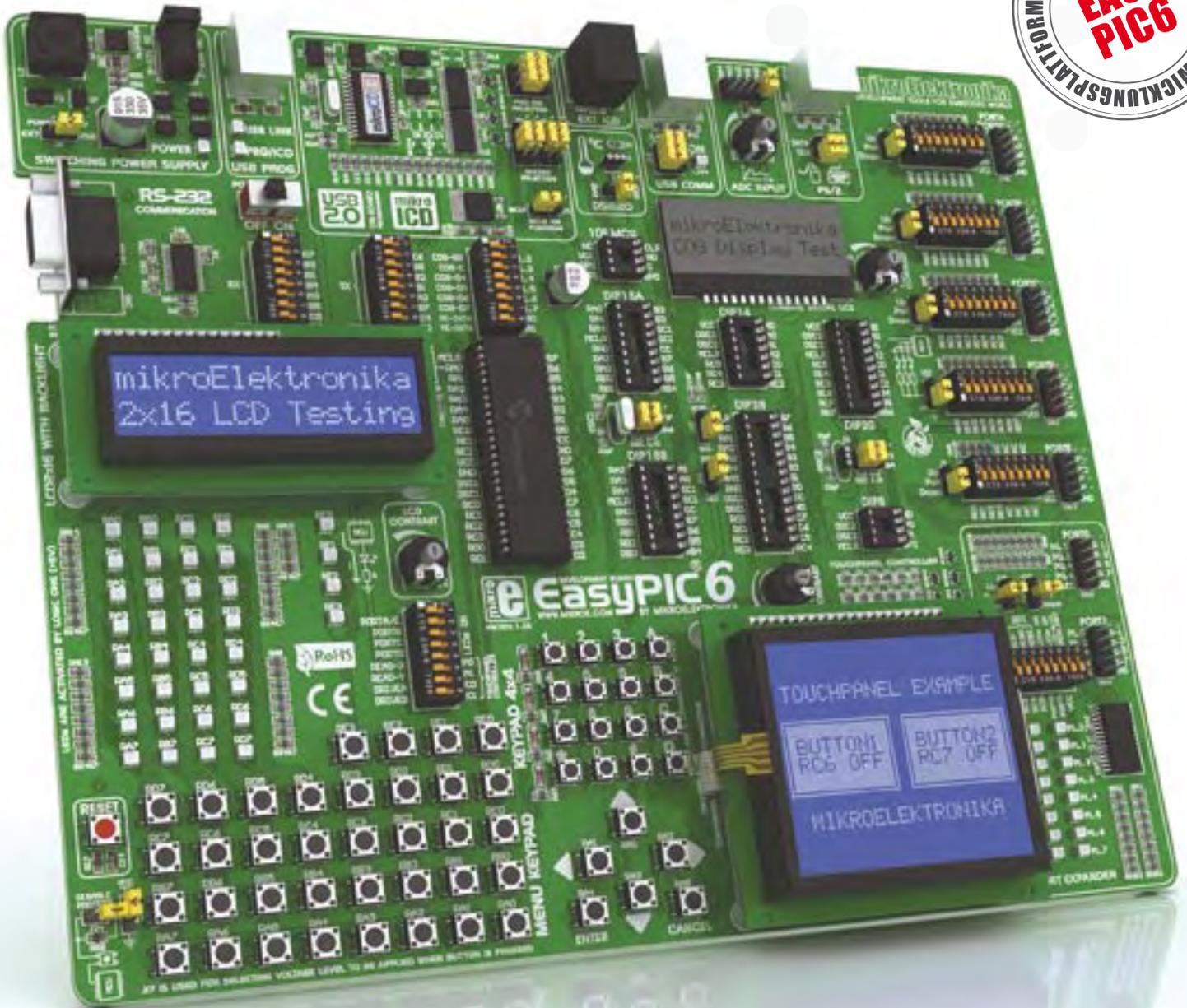


Der neue Katalog ist da!

Jetzt neu:
Über 22.000 Artikel mehr!

CONRAD
Voller Ideen

LOSLEGEN MIT DEM PIC



Mit der EasyPIC6-Plattform sind Sie komplett ausgestattet, um 8-, 14-, 18-, 20-, 28- und 40-Pin PIC-Mikrocontroller Anwendungen zu entwickeln und zu testen. Der mikroICD (Hardware In-Circuit Debugger) erlaubt ein hocheffizientes, schrittweises Debugging. Beispiele in C, Basic und Pascal sind im Kit enthalten.

Schnell und einfach zur eigenen Elektronik-Anwendung **EasyPIC 6**

Veröffentlichen Sie Ihren Quellcode, es versteht ihn ohnehin niemand

Open Source ist so populär geworden, dass selbst Microsoft auf den fahrenden Zug aufspringt - siehe Artikel „20 x Open Source“ auf Seite 24.

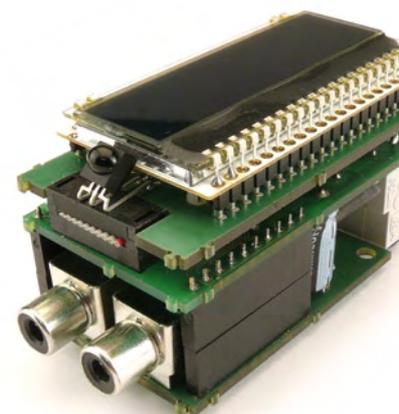
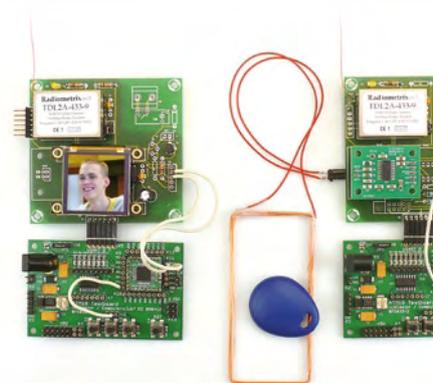
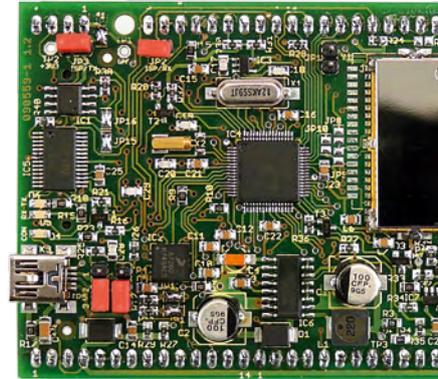
Warum sollte man alle Details der eigenen Entwicklung einfach preisgeben? Viele schrecken davor zurück, vor allem, weil sie Angst vor Nachahmern und Trittbrettfahrern haben. Eine Geheimhaltung mag zum Beispiel aus Sicherheitsgründen gerechtfertigt sein. In vielen Fällen handelt es sich aber um Scheinargumente und um nicht wirklich innovative Entwicklungen.

Ich glaube an Open Source. Wie viele andere verwende ich häufig Open-Source-Software, und wie viele andere schaue ich mir selten den Quellcode an. Und wenn, dann meist nur kurz, denn im Allgemeinen ist er unverständlich. Selbst bei kleineren Projekten wird es schnell schwierig. Man benötigt schon einen sehr guten Grund, um (viel) Zeit in das Studium eines Quellcodes zu investieren, den ein anderer geschrieben hat. Also veröffentlichen Sie ruhig ihren Sourcecode. Nur ganz wenige von den wenigen, die sich dafür interessieren, werden ihn auch verwenden können. Und wenn es einem gelingt - was macht das aus? Sie sind wahrscheinlich schon längst mit der nächsten - noch komplexeren - Version beschäftigt und behalten Ihren Vorsprung. Gerade die Komplexität steht einer Nutzung von Open-Source-Projekten in größerem Umfang im Weg. Nicht die Bauteile oder der Quellcode bestimmen den Erfolg eines Projekts, sondern die Anwenderfreundlichkeit. Auch die fortschrittlichsten Projekte werden nur wenige Anwender ansprechen, wenn es an der Zugänglichkeit mangelt. Das ist auch der Grund, warum Elektor nicht einfach nur aus Schaltplänen besteht. In dieser Ausgabe ist "Open Source" ein Thema, zu dem wir mit dem „Zepher“ ein eigenes Open-Source-Projekt beitragen. Sicher auch komplex, aber wir werden alles dafür tun, dass es „easy to use“ wird. Sie können den Fortgang in meinem Blog verfolgen: <http://elektorembdedded.blogspot.com/>.

Clemens Valens
(Embedded-Redakteur, Elektor Frankreich)

elektor

- 6 Impressum**
Who is who bei Elektor
- 8 Mailbox**
Briefe, E-Mails und Ideen
- 11 News**
Neuheiten, Nachrichten und Termine
- 18 Zepher: 32-bit-System für Rapid Prototyping**
Open-Source-Projekt mit ARM7-Controller
- 24 20 x Open Source**
Open Source Programme für den Embedded-Bereich.
- 28 Klein & open source: Quelloffene Embedded Betriebssysteme**
Multitasking für ATmega, PIC und MSP430?
Das Angebot an offenen OS ist selbst für 8-bit-Mikrocontroller recht groß. Wir erklären die wichtigsten Funktionen und geben einen Überblick und Tipps für die Auswahl eines geeigneten Systems für Ihre Anwendungen.
- 32 VisiOLED: OLED-Farbdisplay mit Funk und RFID am ATM18**
Ein ganz besonderes funkbasiertes Zugangs-System.
- 38 Jedes Mikrojoule zählt: Low-Power-Design bei AVR-Schaltungen**
Dieser Beitrag hilft bei der energiesparenden Auslegung von Projekten mit AVR-Mikrocontrollern - bis hin zur Einsparung einzelner Mikroampere. Das ist nicht nur beim Betrieb an Batterien, Goldcaps, Schnittstellen und beim Energy Harvesting wichtig, sondern auch in Hinblick auf den Stand-by-Verbrauch.



INHALT

41. Jahrgang
März 2010
Nr. 471



18 Schwing das Zepter!

32-bit-System für Rapid Prototyping

Das Open-Source-Projekt „Zepter“ ist mehr als nur ein Board mit ARM-Mikrocontroller und funktionaler Peripherie. Es ist ein System für echtes Rapid Prototyping. So darf sich nur ein System nennen, das außer einem durchdachten Board auch anwenderfreundliche Entwicklungstools und Bibliotheken mitbringt. Basis ist ein leistungsstarker 32-bit-Controller LPC2148 von NXP.



24 20 x Open Source

Interessante Quellen für Embedded-Entwickler

Auch im Embedded-Bereich existiert eine Fülle an hilfreichen Open Source Programmen: Von Editoren über Compiler bis zu Bibliotheken und Betriebssystemen reicht die Palette. Dabei kann man nicht nur Lizenzkosten sparen, sondern auch eine Menge lernen. Wir haben eine Übersicht mit Open Source Projekten zusammengestellt, die man kennen sollte.



32 VisiOLED

OLED-Farbdisplay mit Funk und RFID am ATM18

VisiOLED ist ein ganz besonderes Projekt in unserer CC2-ATM18-Serie: Es handelt sich um eine Funk-Türklingel mit Funk-Türöffner, wobei eine Identifikation der Besucher per RFID stattfindet. Doch das ist noch nicht alles: Ist ein Gast erkannt, wird sein Foto auf einem OLED angezeigt.



52 Modulo D

Der kleinste Stereo-Vollverstärker der Welt

Dem 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 mit einer einfachen Betriebsspannung von 12 V. Damit steht auch dem Einbau im Auto, Boot oder Wohnmobil nichts im Wege.

43 Labcenter

Neulich im Elektor-Lab ...
Angeschaut: Das Altium NanoBoard 3000
Kampf dem Poti-Krachen – aber richtig!

48 Linux on a chip: Entwickeln de luxe

Linux ist in der Embedded-Welt viel weiter verbreitet, als viele Elektroniker denken. Hier erfahren Sie, wie einfach es ist, mit Embedded Linux zur eigenen Anwendung zu kommen.

52 Modulo D

der kleinste Stereo-Vollverstärker der Welt

Einbaumodul mit 2 x 20 W in Klasse D und Fernbedienung.

60 LED-Mix mit DMX

Dreikanal-DMX512-A-Empfänger zur LED-Lichtsteuerung mit MSP430-Mikrocontroller von Texas Instruments.

66 Entwicklungstipps

Z-Dioden-Tester
Platinenbelichter
Optischer Audio-Anschluss für PCs

70 GPS-Datenlogger

Was tun, wenn man den Weg visualisieren möchte, den ein Roboter genommen hat? Man nehme ein GPS-Modul, eine BASIC-Briefmarke und Google Earth...

76 Retronik

Zwei schwarze Kästen

80 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

78 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

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



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

IMPRESSUM

41. Jahrgang, Nr. 471 März 2010
Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

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

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

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

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

Internationale Chefredaktion **Wisse Hettinga**

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

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

Redaktionssekretariat **Hedwig Hennekens**

Labor/Technische Redaktion
Antoine Authier (Ltg.), Ton Giesberts, Luc Lemmens, Daniel Rodrigues, Jan Visser, Christian Vossen

Grafische Gestaltung und Layout
Giel Dols, Mart Schroyen

3-tägiges Fachseminar C-Programmierung für Mikrocontroller



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



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

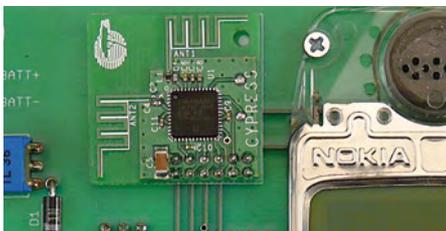
April schon im Januar?

LED als Fotoelement, Elektor 02/2010, S. 72 (070386)
 Im Elektor-Forum (www.elektor.de > Forum > Allgemeines Elektronik-Forum) gibt es eine interessante Diskussion über den Design-Tipp „LED als Fotoelement“, bei dem es sich nicht (wie zuerst von MichaelH zuerst vermutet) um einen vorgezogenen Aprilscherz handelt. Thomas Scherer schreibt dort über seine Messergebnisse:

Ich habe mal etliche LEDs aus meiner Sammlung durchprobiert. Interessantes Resultat: Manche gehen, manche nicht und manche super! Die Blauen waren bei mir die miesesten LEDs. Bei den anderen Farben bekam ich zwischen 0,5 V und nichts. Sogar einige weiße LEDs brachten rund 120 mV. Die besten waren rote, grüne oder gelbe LEDs mit klarem, farblosen Gehäuse. Die brachten unglaubliche 1,2 bis 1,3 V! Klare farbige Gehäuse waren auch etwas besser als diffuse farbige. Sonst konnte ich nichts feststellen, keine echte Systematik, scheint am Hersteller zu liegen. Sogar ein paar garantiert 30 Jahre alte LEDs gaben noch 60 mV ab. Bedingung bei mir war: Beleuchtung mit 20-W-Leuchstofflampe (daylight) in 50 cm Entfernung.

Moderne Funktechniken

2,4-GHz-Scanner, Elektor 02/2010, S. 50 (090985)
 Mit Freuden stelle ich fest, dass Sie in Ihren Heften zunehmend Projekte im Zusammenhang mit modernen Funktechniken (ISM, ZigBee, WLAN...) anbieten. Im Februarheft haben Sie einen 2,4-GHz-Scanner



veröffentlicht. Ein bisschen schade ist bei diesem Artikel, dass es sich bei dem verwendeten Funkmodul (CYWM6935) um ein vom Hersteller bereits abgekündigtes Bauteil handelt. Da Sie andererseits bei diesem Projekt als zentralen Mikrocontroller einen AVR von Atmel verwenden (und diese Mikrocontroller auch sonst gerne verwenden), möchte ich Ihnen vorschlagen, über ein Projekt mit dem neuen (und daher brandaktuellen) Prozessor ATme-

ga128RFA1 von Atmel nachzudenken. Bei diesem Prozessor sind der Mikrocontroller und der 2,4-GHz-Transceiver gleich auf einem einzigen Chip integriert. Da ich persönlich die Mikrocontroller von Atmel gerne und häufig verwende, warte ich schon sehnsüchtig auf ein Projekt mit diesem neuen Chip in Elektor, um daraus einiges über seine Anwendung lernen zu können.

Rodrigo Supper

Das Problem mit den Abkündigungen ist leider manchmal unvermeidlich, weil nicht vorhersehbar. Meist sind die Komponenten aber noch relativ lange über Distributoren und Händler erhältlich. Umgekehrt kann es einem bei neuen Chips aber auch passieren, dass man mit der Veröffentlichung noch länger warten muss, weil zwischen der Erhältlichkeit von Entwicklungs-Mustern und der tatsächlichen Verfügbarkeit oft mehrere Monate liegen. Es ist auch schon vorgekommen, dass fertig entwickelte Projekte nicht veröffentlicht werden konnten, weil die Serienproduktion in wirtschaftlich unsicheren Zeiten einfach storniert wurde. Außer Mustern und (Entwicklungs-)Spesen ist dann nichts gewesen...

Sie haben aber Recht, der Funk-ATmega könnte für ein Projekt interessant sein. Wir haben Ihren Vorschlag daher mit freundlicher Empfehlung an unsere Kollegen vom Elektor-Labor weitergeleitet.

Formant-Synthesizer-PDF jetzt auf Deutsch

Retronik „Der Formant-Synthesizer (1977)“, Elektor 04/2008, S. 76 (070937)

In der Retronik-Rubrik in Heft 04/2008 wurde an den legendären Formant-Synthesizer aus den Elektor-Jahrgängen 1976 und 1977 erinnert – und darauf hingewiesen, dass das komplette Buch „Formant Musik-Synthesizer“ als kostenloser Download zur Verfügung steht. Bis vor kurzem war das aber die englischsprachige Ausgabe der gesammelten Formant-Artikel, weil es vom deutschen Original bisher noch keine PDF-Version gab. Dank der tatkräftigen Mithilfe unserer Leserin Sigrig Fuchs kann man jetzt von der Webseite www.elektor.de/formant das deutschsprachige Original des Formant-Buchs als PDF-Datei herunterladen.

Die englische Version gibt es weiterhin auf www.elektor.com beziehungsweise auch

auf www.elektor.nl und www.elektor.fr sowie www.elektor.es.

Verzögertes Einschalten der Anodenspannung

Schaltungsvorschlag zum T-REG (081089),

Rubrik Mailbox, Elektor 11/2009, S. 8

Ich habe den Leserbrief von Dr. Voigt mit seinen Anmerkungen zum T-REG mit Interesse gelesen. Ich kann auch etwas zu der kleinen Diskussion über Ausfallmechanismen von Röhren beitragen. Ich habe einige Jahre an dem Wiederaufbau des Colossus-Computers von Bletchley Park gearbeitet. Dieser Rechner verwendet 2500 Röhren, und wir mussten hin und wieder welche austauschen. Es gibt wenigstens zwei Möglichkeiten, Röhren zu schädigen. Die



eine ist als Kathoden-Striping bekannt und tritt in Erscheinung, wenn die Anodenspannung angelegt wird, bevor die Kathode ihre Betriebstemperatur erreicht hat. Da das Vakuum in der Röhre nicht ideal ist, können sich Ionen bilden und auf die Kathode zurückfallen, und weil sie schwer sind, können sie die Kathodenbeschichtung abtragen.

Die zweite Möglichkeit ist die Kathodenvergiftung (cathode poisoning), die auftritt, wenn die Kathode bereits aufgeheizt ist, aber die Anodenspannung noch fehlt oder zu gering ist, um Elektronen an- und aus der Kathode herauszuziehen. Es bildet sich eine Ionenwolke rund um die Kathode, was unter Umständen zu einer Kontamination des Kathodenmaterials führt. Röhren in frühen Computern litten darunter, weil sie zur Bildung logischer Verknüpfungen (zum Beispiel von Gattern) als elektronische Schalter verwendet wurden, also entweder „On“ oder „Off“ (ein- oder ausgeschaltet) waren. Im Off-Zustand bestand dann die Gefahr der Kathodenvergiftung, da kein Anodenstrom geflossen ist, und das oft auch über längere Zeit.

Ich hoffe, das hilft etwas weiter.

Charles Coultas

Das ist sicher eine interessante Information. Es wäre sehr schön, wenn sich noch weitere Leser mit Expertenwissen aus dem Röhrenzeitalter melden würden.

Heizen mit Standby-Verbrauch?

Goodbye Standby, Elektor 12/2009, S. 4 (Vorwort)

Das letzte Jahr dieses Jahrzehnts ist 2010, da die Zählung der Jahre mit 1 beginnt. Zum Inhalt: Der Versuch, Energie zu sparen, ist ja ganz nett, aber die Heizleistung der Geräte, zumindest im Wohnbereich, muss dann von der konventionellen Heizung übernommen werden - mit wesentlich schlechterem Wirkungsgrad! Das gilt auch für Energiesparlampen, die noch dazu den Nachteil haben, Farben verfälscht wiederzugeben (auch LED sind davon nicht ausgenommen). Die

ganze Aktion wird daher nur eine Verschiebung des Energieverbrauches zu fossilen Brennstoffen bringen.

Alfred Pischinger (A)



Wenn ich mich recht erinnere, haben wir am 1. Januar 2000 das neue Jahrzehnt, das neue Jahrhundert und das neue Jahrtausend begrüßt, und das ist zehn Jahre her. Aber Sie haben natürlich Recht: Auch die Millenniumfeiern hätten eigentlich erst in der Nacht zum 1. Januar 2001 stattfinden dürfen (die Diskussion hatten wir schon damals). Ihrer Meinung zum Standby-Verbrauch kann ich hingegen nicht zustimmen. Zum einen fällt die Verlustwärme durch Lampen und Trafos mit schlechtem Wirkungsgrad auch dann an, wenn wir sie - auch in unseren Breitengraden - definitiv nicht zum Heizen brauchen (immerhin mindestens die Hälfte des Jahres). Zum anderen unterschätzen Sie den Wirkungsgrad einer konventionellen Heizung. Eine moderne Gasheizung kommt auf über 90 % Wirkungsgrad, ein modernes Gaskraftwerk hingegen nur auf knapp über 50 %. Die Abwärme des Kraftwerks zu nutzen, wäre sinnvoll, die Abwärme der Glühlampe und des (schlechten) Netzteiltrafos kostet hingegen unnötig viel Primärenergie auf der Seite des EVUs. Dabei habe ich noch nicht einmal berücksichtigt, dass in Österreich auch gerne mit regenerativer Energie in Form von Holz und Holzpellets geheizt wird...

Ernst Krempelsauer

Batterie-Luftnummer

Mit Lithium-Luft-Batterie 800 km weit fahren (Elektor-Newsletter)

Zum einen ist es ja ganz nett, wenn man immer wieder von solchen Entwicklungen hört, aber viel mehr interessiert mich, wo es denn solche innovativen Teile zu kaufen gibt. So wurde

Updates und Ergänzungen

Multitasking für den ATmega (Femto OS)

Elektor 02/2010, S. 56 (090843)

Im Artikel ist von „Schaltern“ die Rede, die an das Testboard angeschlossen werden. Richtig müsste es „Taster“ heißen.

Im Text fehlt die Angabe, wie das Relaisboard an das Testboard anzuschließen ist:

Data -> PC0

Clock -> PC1

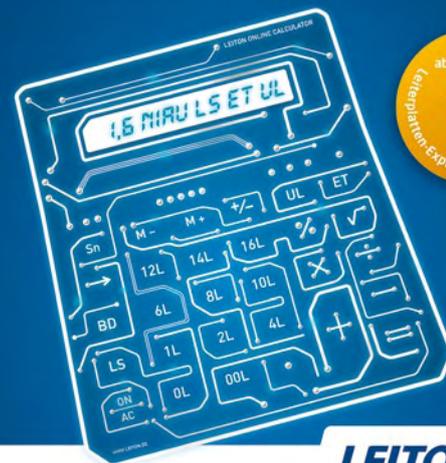
Hinweis: Im CC2-Artikel in Elektor 09/2008 wurden andere Ports für den Anschluss des Relaisports über die Porterweiterung gewählt, nämlich PD5 (Clock) und PD6 (Data).

schon vor JAHREN über Brennstoffzellen für Laptops berichtet, man sah sogar ein kleines Modell, aber nirgendwo ist so etwas erhältlich. Oder können Sie mir einen Händler nennen, bei dem ich ein Teil kaufen kann, das genauso aussieht wie mein Laptop-Akku und das ich einfach mit Gas befüllen kann? Jetzt wird schon wieder über etwas

Anzeige

BESSER GLEICH ONLINE KALKULIEREN.

STARRE- UND FLEXIBLE LEITERPLATTEN.



LEITON
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

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

www.leiton.de

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

Neues berichtet, aber von dem „Alten“ hört und sieht man nichts mehr. Was mir auch auffällt: Ich habe mal gelernt, dass ein Akku wieder aufladbar ist und eine Batterie etwas ist, was man nicht mehr aufladen kann. Nun wird aber gerade im Zusammenhang mit Autos oft von Auto-„Batterie“ gesprochen, aber in Wirklichkeit ist es doch ein Akku?

Jürgen Wagner



Die Brennstoffzelle als Akkuersatz für mobile Geräte wie Notebooks und Mobiltelefone scheint noch nicht ganz ausgereift zu sein. Wie Sie zu Recht feststellen, haben wir zu dieser Entwicklung schon länger keine Meldungen mehr erhalten. Ob (und wann) etwas daraus wird, können wir auch nicht sagen – das sind im Moment wahrscheinlich noch gut gehütete Firmengeheimnisse. Auf den flachen Bildschirm mussten wir nach den ersten Forschungsberichten auch noch fast 30 Jahre warten – und dann ging es plötzlich sehr schnell. Was es aber schon zu kaufen gibt, sind tragbare und mit Methanol betriebene Brennstoffzellen im Leistungsbereich von 25 bis 90 W (Gewicht: 6,5 bis 8 kg). Sie dienen mit 12 V Ausgangsspannung hauptsächlich zum Laden des Bordakkus in Wohnmobilen und als Ersatz für kleine benzinbetriebene Generatoren überall dort, wo Geräusch- und Emissionsarmut wichtiger sind als der Preis (ab etwa 2000 €, siehe www.wdr.de/radio/wdr2/quintessenz/534964.phtml). Einziger Hersteller solcher Direct Methanol Fuel Cells (DMFC) für Privatanwender ist die Firma SFC Smart Fuel Cell (www.sfc.com) in der Nähe von München. Die derzeit kleinste Serien-Brennstoffzelle dieses Herstellers (siehe Foto) wiegt 1,7 kg und liefert 25 W Dauerleistung. Erhältlich ist sie aber nur fürs Militär. Eine deutsch-

sprachige Informationsseite zum Thema DMFC (www.dmfc.com) berichtet leider auch nichts Neues über Notebook-Brennstoffzellen.

„Batterie“ bedeutet im Wortsinn nichts Anderes als eine Anordnung mit mehreren Zellen. Damit ist nicht gesagt, dass es sich um Primär- oder Sekundärzellen handelt. Es ist aber in der Alltagssprache üblich geworden, auch einzelne Primär-Zellen so zu bezeichnen. Natürlich ist eine „Autobatterie“ in der Regel ein „Bleisammler“ (Akkumulator).

Boxenalarm

Stromalarm, Elektor 12/2009, S. 66

(Weihnachts-Schaltungssammlung)

Vor kurzem habe ich ein Projekt zur Umwandlung meiner Boxen in ein aktives Lautsprechersystem abgeschlossen. Es hat viel Zeit, Mühe und auch Geld gekostet. Da mir schon einmal meine Boxen gestohlen wurden, habe ich auch darüber nachgedacht, wie ich das in Zukunft verhindern könnte.

Ziel war es, die Lautsprecher ohne zusätzliche Kabel auf eine zuverlässige und unauffällige Weise zu sichern. Weil die Lautsprecher-Systeme symmetrisch angesteuert werden, könnte man nach dem Prinzip der Phantomspeisung eine Gleichspannung auf die Lautsprecherleitung geben und diese überwachen. Beim Herausziehen des für die Lautsprecher verwendeten XLR-Steckers wird dann ein Alarm ausgelöst. Nachteil dieser Lösung: Die Phantomspannung muss man von den Lautsprechern und den Verstärkerausgängen fernhalten. Dafür muss man das NF-Signal über (große) Kondensatoren leiten, um die Gleichspannung abzublocken. Das ist nicht besonders praktikabel und überhaupt nicht wünschenswert.

Eine weitere Option wären Bewegungsmelder, aber dann gibt es garantiert Probleme mit unserer fleißigen Raumpflegerin, die beim Abstauben vor den Lautsprechern nicht zurückschreckt. In der Dezember-Ausgabe von Elektor (12/2009) entdeckte ich eine als „Stromalarm“ bezeichnete Schaltung einer 230-V-Netzspannungsüberwachung. Auch wenn das eine ganz andere Anwendung

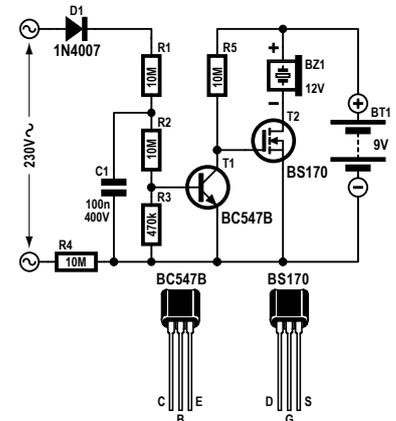
ist, eignet sich diese Schaltung auch für den „Objektschutz“, wobei ich auch meine teuren Aktivlautsprecher zu den zu überwachenden Objekten zähle. Es könnte sich aber auch um andere ähnlich wertvolle Gegenstände handeln.

Ich habe die Schaltung inzwischen gebaut und getestet – und sie funktioniert exzellent. So bald der Netzstecker der Aktivboxen herausgezogen wird, geht der Alarm an.

Um den Alarm bei Bedarf deaktivieren zu können, habe ich eine – unauffällige – Cinch-Buchse auf der Anschlussplatte der Box untergebracht, die mit dem Emitter und Kollektor des BC547 verbunden ist. Um den Alarm zu deaktivieren, braucht man nur einen kurzgeschlossenen Cinch-Stecker einzustecken. Aber das weiß natürlich kein Einbrecher, wobei ich davon ausgehe, dass Einbrecher keine regelmäßigen Elektor-Leser sind...

Einziger Nachteil der Schaltung ist der von Zeit zu Zeit erforderliche Batteriewechsel. Man kann die Batterie aber auch durch ein kleines Netzteil mit Trafo und Gleichrichter ersetzen, das einen großen Elko lädt und geladen hält, so lange die Netzspannung anliegt. Fällt die Netzspannung weg, ermöglicht die Ladung des Elkos noch einen ausreichend langen Betrieb des Piezo-Alarmgebers BZ1. Natürlich wird die Ladung des Elkos nicht für Stunden reichen, aber lange genug, um die Einbrecher in die Flucht zu schlagen.

G. Luyt (NL)



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

Dätwyler kauft Reichelt Elektronik

Am 1.1.2010 hat die Dätwyler Gruppe aus der Schweiz das in Elektronikerkreisen sehr bekannte Unternehmen Reichelt Elektronik gekauft. Laut Geschäftsführerin Angelika Reichelt steht sie selbst und ihr Ehegatte Heinz Feldhusen in den ersten Monaten weiter in beratender Funktion zur Verfügung, um einen sanften Übergang zu gewährleisten.



Im Vorfeld der Übereinkunft wurde acht Wochen lang über die Modalitäten verhandelt. Nun wird die Firma in den Dätwyler Konzernbereich „Technische Komponenten“ integriert. Diese Übernahme ändert aber zunächst nichts am gewohnten Erscheinungsbild oder der Ausrichtung des norddeutschen Elektronikversenders. Nach der schon zuvor erfolgten Übernahme des schwedischen Distributors ELFA macht Dätwyler mit Reichelt eine zweite große Neuerwerbung innerhalb von zwei Jahren.

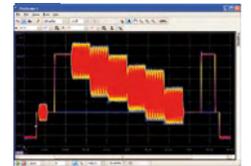
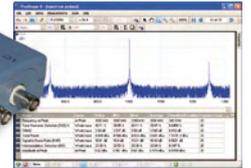
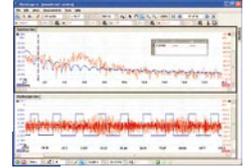
Reichelt erwirtschaftet bislang mit 210 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von rund 100 Millionen Euro. Laut Angelika Reichelt ist der Abschluss eine gute Lösung, da keine Familienangehörigen für eine Nachfolge des von ihr aufgebauten Unternehmens zur Verfügung gestanden haben. Ihr Ziel sei es gewesen, eine Lösung zu finden, die ihr Lebenswerk und die Arbeitsplätze ihrer Mitarbeiter für die Zukunft sichert.

Das Unternehmen begann 1968 mit dem Versand von Antennenverstärkern und Halbleiter-Bauelementen. Angelika Reichelt war zunächst im Elektronik-Versandhandel ihres Mannes als Buchhalterin tätig. Nach der Trennung vom Firmengründer im Jahr 1989 kaufte Angelika Reichelt 1990 das Unternehmen, das zu diesem Zeitpunkt 20 Mitarbeiter hatte und verschuldet war. Durch Erweiterung des Sortiments und konsequenten Ausbau der Logistik gelang Angelika Reichelt die Entwicklung ihres Unternehmens zu einem der führenden Technik-Sortimenter in Deutschland. Für ihre unternehmerische Tätigkeit wurde sie 2002 zur Unternehmerin des Jahres gekürt und 2005 mit dem Preis „Mutmacherin der Nation“ ausgezeichnet.

www.reichelt.de
www.daetwyler.ch

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.

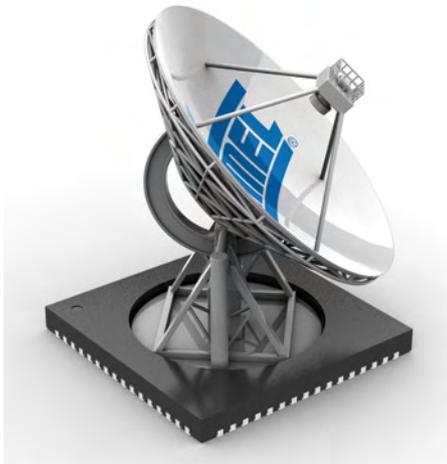
- **PC-gestützt** - Erfassung, Anzeige und weitere Verwendung der gespeicherten Wellenformen mit dem PC, ganz nach Bedarf
- **Software-Updates** - kostenlose Software-Updates für die komplette Lebensdauer des Produkts
- **Stromversorgung via USB** - ideal für unterwegs und im Labor
- **Programmierbar** - 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/scope1061
+44 1480 396395

Funk-ATmega

Atmel hat eine neue Familie drahtloser AVR-Mikrocontroller für ZigBee-Funkanwendungen und IPv6/6LoWPAN entwickelt. Der Chip ATmega128RFA1 ist IEEE 802.15.4-konform und kombiniert einen picoPower-AVR-Controller mit einem 2,4-GHz-Transceiver. Die picoPower-Technologie ermöglicht eine extrem niedrige Stromaufnahme und erlaubt so einen längeren Batteriebetrieb für drahtlose ZigBee-Anwendungen in der Haus- und Gebäudeautomatisierung, Meldetechnik und Medizinelektronik. Der Controller wird von Atmels QTouch-Library unterstützt, wodurch die Kombination von Funkbetrieb und Bedienung über kapazitive Tasten mit einem einzigen Chip ermöglicht wird.



Darüber hinaus steht eine Wake-on-Radio-Funktion zur Verfügung, die autonomen Sende- und Empfangsbetrieb erlaubt. Dies reduziert den Energieverbrauch weiter, da der HF-Teil aktiv bleiben kann, während der Controller sich im Sleep-Mode befindet.

www.atmel.com/dyn/products/product_card_mcu.asp?part_id=4692

Wasserstoff-Tankstelle für Zuhause

„Eine Wasserstoff-Tankstelle in jedem Haus“ ist die Vision, welche die Firma Horizon Fuel Cell Technologies in die Realität umzusetzen gedenkt: Eine kleine Tankstelle für häusliche Anwendungen, bei der man nicht nur Wasserstoff abzapfen kann, sondern diesen sogar selbst produzieren. Diese Lösung stellt eine unerwartete und lokale Herangehensweise an die lang herbei geredete und immer noch nicht einge-

„Grafisches Programmieren mit AVR“ - E-blocks Workshop für Lehrer und Dozenten

Sie wollen Ihren Studenten/Schülern die Programmierung von Mikrocontrollern nahe bringen? Dabei flexibel bei der Gestaltung von kleineren Lehreinheiten sein oder vielleicht doch ein größeres Studienprojekt ins Leben rufen? Dann sind die modularen E-blocks von Elektor genau das Richtige. Die Module basieren auf den populären AVR-Mikrocontrollern von Atmel und sind auf einfache Weise miteinander zu verbinden, nichts muss dabei gelötet werden. Die Software-Entwicklung kann in den Sprachen C und Flowcode erfolgen, wobei letztere ein grafisches Programmieren erlaubt, das Anfängern schnell Erfolgserlebnisse beschert.

In einem E-blocks-Workshop, der sich speziell an Lehrer und Dozenten richtet, wird das Konzept ausführlich vorgestellt. Es wird gezeigt, wie man die Hardware in Betrieb nimmt und eine Programmierumgebung installiert. Natürlich stehen auch praktische Übungen mit den Modulen und der Programmiersprache Flowcode auf dem Stundenplan. Wo man bei Fragen Support und Hilfe findet, ist ebenfalls ein Thema des Workshops.

Der Workshop findet am 5.3.2010 in Bocholt statt.

www.elektor.de/avr-prog

leitete „Wasserstoffwirtschaft“ dar. Der Sinn der Produktion vieler kleiner Wasserstoff-Tankstellen liegt einerseits in den durch Skalierungseffekte sinkenden Kosten und andererseits in der Vermeidung der Abhängigkeit von großtechnischen Lösungen der Energieindustrie. Die von Horizon Fuel Cell Technologies demonstrierte Lösung scheint das alte, den Fortschritt behindernde Henne-Ei-Dilemma auf ungewöhnliche Weise zu lösen, nachdem kein Wasserstoff-Auto ohne Wasserstoff-Infrastruktur und keine Infrastruktur ohne entsprechende Autos eingeführt werden kann.

Die persönliche Wasserstoff-Tankstelle mit dem schönen Namen HYDROFILL wurde auf der CES (Consumer Electronics Show) in Las Vegas vorgestellt. Die Apparatur ist so klein, dass man sie auf einem Tisch platzieren kann. Mit Hilfe von elektrischer Energie aus dem Strom-Netz, von Solarzellen oder einem Windrad wird der Wasserstoff aus dem in einem kleinen Tank befindlichen Wasser abgespalten und in speziellen, wiederbefüllbaren Festkörpertanks bei niedrigem Druck gespeichert. Diese Speicherkartuschen enthalten Metall-Legierungen, die Wasserstoff an ihre Kristallstruktur binden können und die dieses Gas bei niedrigem Druck wieder abgeben. Diese Speichermethode bietet den Vorteil einer hohen Energiedichte, die sogar diejenige der heute verwendeten Hochdruck-Tanks für flüssigen Wasserstoff übertrifft. Auch im Vergleich mit Batterien und Akkus kann so wesentlich mehr Kapazität pro Volumen gespeichert werden. Außerdem ist die Wasserstoff-

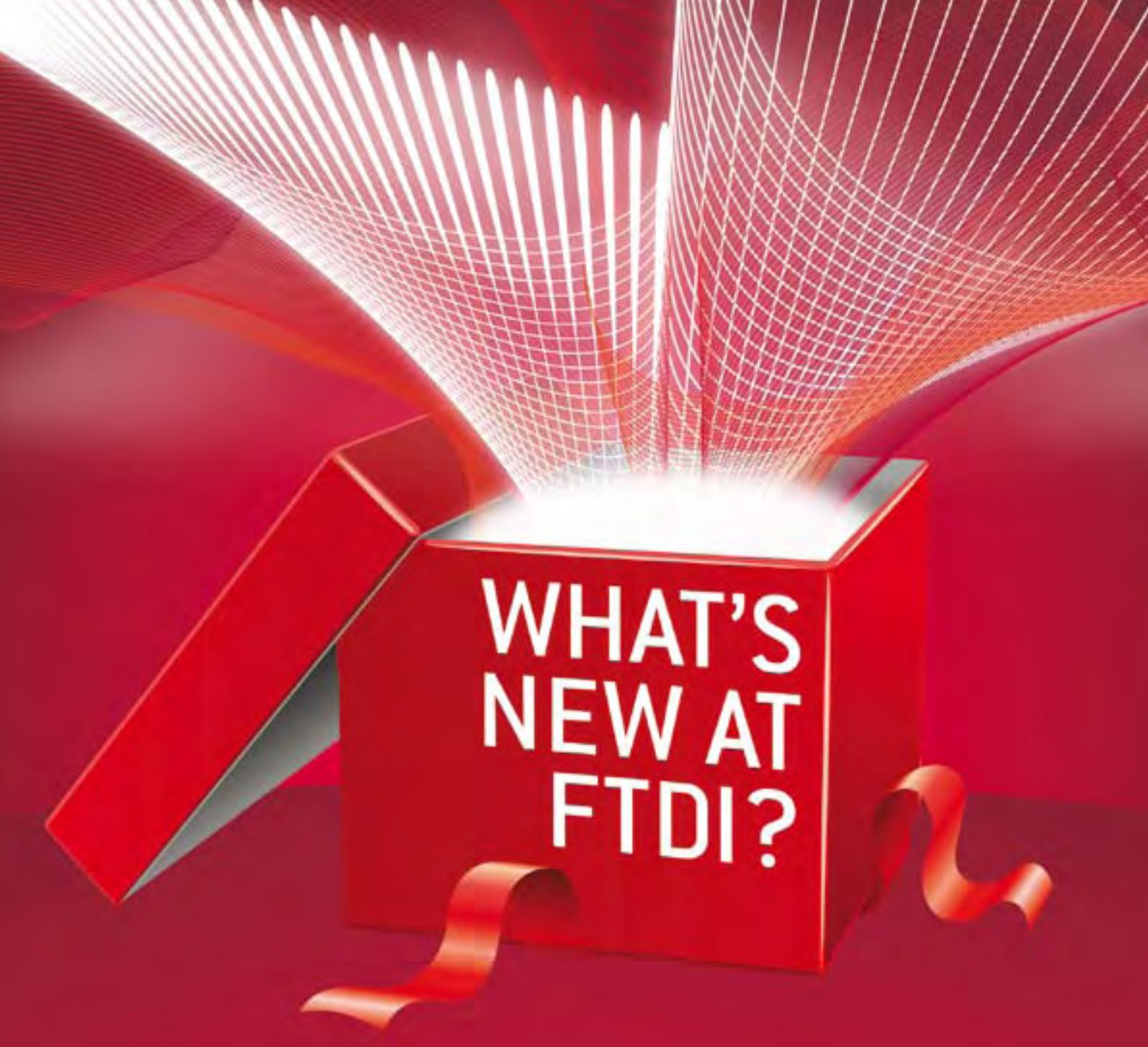
Technik noch preiswerter und vermeidet die Verwendung umweltschädlicher Schwermetalle.

Horizon Fuel Cell hat auch schon damit begonnen, eine komplette Linie an portablen Energieträgern anzubieten, die ein großes Marktpotential haben. Das erste verfügbare Produkt enthält eine Miniatur-Brennstoffzelle als Energielieferant und nennt sich MINIPAK. Damit kann man die Laufzeiten von Handys, Taschenlampen und vielen USB-gespeisten Geräten beträchtlich verlängern.



Horizon wird demnächst auch eine fortgeschrittenere Version einer größeren, aber dennoch portablen und netzunabhängigen Energiequelle unter der Bezeichnung HYDROPAK anbieten. Während all diese Produkte im Laufe des Jahres erhältlich sein sollen, arbeitet die Firma bereits an der Entwicklung größerer Energie-Systeme auf dieser Basis, mit denen sich entsprechend leistungsfähigere Verbraucher betreiben lassen.

www.horizonfuelcell.com



WHAT'S
NEW AT
FTDI?

VISIT US AT
EMBEDDED WORLD 2010
STAND 12-234, HALL 12.0

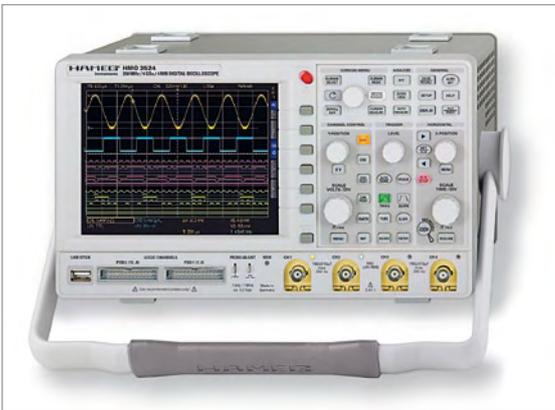
USB MADE EASY

www.ftdichip.com



Vierkanal-DSO von Hameg

Die HMO-Serie von Hameg (DSO/MSO-Oszilloskope) wird um ein vergleichsweise günstiges Vierkanal-Modell mit 250 MHz Bandbreite ergänzt. Das HMO2524 verfügt über eine Abtastrate von 1,25 GSamples/s pro Kanal sowie eine Speichertiefe von 2 MB pro Kanal. Im Zweikanalbetrieb arbeitet das Gerät mit einer Abtastrate von 2,5 GSamples/s und 4 MB Erfassungs-



speicher. Die von den HMO3522/3524-Geräten bekannten Möglichkeiten, bis zu 16 Logikkanäle anzuschließen, eine Empfindlichkeit von 1 mV/Div auf den Analogkanälen, verknüpfbare Mathematik- und integrierte FFT-Funktionen, USB-Schnittstellen für Memorysticks, Drucker und Fernsteuerung sind auch beim jüngsten Mitglied der Familie vorhanden. Für alle Geräte der HMO-Serie werden optional serielle Trigger- und Dekodierfunktionen für I2C, SPI sowie UART angeboten. Diese Funktionalität kann über einen Optionsschlüssel freigeschaltet und gegebenenfalls kostenfrei für einen bestimmten Zeitraum getestet werden. Das HMO2524 verfügt darüber hinaus über zusätzliche Anschlüsse, an denen serielle und parallele Bussignale zu Testzwecken ausgegeben werden können. Allen HMO-Geräten gemeinsam ist die Möglichkeit, bis zu 16 digitale Eingänge in bis zu zwei Bussen zusammenzufassen und diese in einer Busdarstellung auf dem Display anzuzeigen.

www.hameg.com/productronica

Projektoren mit LED- & Laser-Hybrid-Lichtquelle

Casio hat auf der CES in Las Vegas eine kombinierte Laser- & LED-Hybrid-Lichtquelle vorgestellt, die Projektoren mit einer hohen Lichtleistung ermöglicht. Außerdem wurde der Produktstart eines Projektors angekündigt, der mit dieser neuen Lichtquelle ausgestattet ist.

Aktuell werden Projektoren mit mehr als 2.000 ANSI-Lumen mit Quecksilberdampflampen betrieben. LEDs und Laser sind vielversprechende (und schadstoffarme) Lichtquellen für die nächste Projektorgeneration, die schneller betriebsbereit sind und sich außerdem durch eine höhere Lebensdauer auszeichnen. Zurzeit erzeugen LED- oder Laserprojektoren jedoch noch kein sehr helles grünes Licht. Beide Technologien werden daher momentan lediglich für kleinere Projektoren mit geringerer Lichtleistung verwendet.

Die nun entwickelte neue Halbleiter-Lichtquellen-Technologie kombiniert das Rot einer roten LED mit dem Blau eines blauen Lasers sowie einem Grün, das durch



die Konvertierung des blauen Laserlichts durch einen phosphoreszierenden Stoff in Grün umgewandelt wird. Der mit dieser Lichtquelle ausgestattete „Green Slim“-Projektor erreicht eine Lichtleistung von 2.000 bis 3.000 ANSI-Lumen, die Lebensdauer der Lichtquelle wird mit 20.000 Stunden angegeben. Der A4-große DLP-Projektor ist nur 43 mm hoch und wiegt 2,3 kg. Der Projektor ist in 8 Sekunden betriebsbereit und lässt sich ohne Verzögerung ausschalten. Erhältlich sind WXGA-Modelle mit einer tatsächlichen Auflösung von 1.280 x 800 sowie Modelle mit USB-Schnittstelle für Präsentationen ohne PC,

darüber hinaus ist eine drahtlose Kommunikation mit dem PC möglich. Weitere kompakte Projektoren mit dieser Laser- & LED-Hybrid-Lichtquelle sollen folgen.

www.casio-projectors.eu/de/press

3-Achsen-Beschleunigungs- und -Magnetfeldsensor in einem Modul



STMicroelectronics hat einen digitalen 3-Achsen-Beschleunigungsaufnehmer und einen ebenfalls digitalen 3-Achsen-Magnetfeldsensor zu einem Modul kombiniert. Der digitale Kompass stellt präzise Kursangaben zur Verfügung, um bei fehlendem GPS-Signal die Richtung, in die sich ein Fußgänger oder Fahrzeug bewegt, anzuzeigen. Überdies unterstützt er die Koppelnavigation (beispielsweise von Fußgängern) bei beeinträchtigtem oder fehlendem GPS-Empfang unter anderem in Gebäuden, im Gebirge oder im Wald. In Handys erschließen solche Kompassmodule neue Möglichkeiten für ortsbasierte Dienste. Mit Kompass- und GPS-Funktionalität gerüstet, können Nutzer nahe gelegene „Points of Interest“ identifizieren und ergänzende Informationen über diese Punkte (z. B. Restaurants oder Geschäfte) einholen, indem sie einfach mit ihrem Mobilgerät in die Richtung dieser Objekte zeigen.

Zu den Features des neuen Moduls LSM303DLH zählen eine Aufweck- und Power-Down-Funktion sowie eine 6D-Erkennung, die eine Auf- und Abwärtsbewegung entlang allen drei Achsen (x, y, z) signalisiert. Der Baustein deckt einen linearen Beschleunigungsbereich von $\pm 2/\pm 4/\pm 8g$ und einen magnetischen Feldstärkebereich von $\pm 1,3$ bis ± 8 Gauß ab (beides vom Anwender wählbar).

www.st.com/stonline/products/families/sensors/motion_sensors/lsm303dlh.htm

Basista
Leiterplatten GmbH
The PCB Company

Printed Circuit Boards
schnell, professionell & zuverlässig

Prototypen Serien

z.B. 100x100mm, je St.
2 Lagen
ab 44,29 € / netto 37,22 €

z.B. 100x100mm, 50 St.
2 Lagen
ab 10,41 € / netto 8,75 €*

4 Lagen
ab 123,00 € / netto 103,36 €

4 Lagen
ab 12,39 € / netto 10,41 €*

6 Lagen
ab 178,50 € / netto 150,00 €

6 Lagen
ab 20,810 € / netto 17,49 €*

NEU Staffelpreise für Prototypen
Lieferung auch an Privatkunden

NEU Kürzere Lieferzeiten für Serienleiterplatten

"Happy Hour" Service für Onlinebestellungen am Wochenende (1/2 Versandkosten)

von der Musterplatte bis zur Microviattechnologie
Blind & Buried Vias
Dickkupfer bis 400µm
Flex Leiterplatten
Starrflex Leiterplatten
Alu Kern Leiterplatten
Discount bei Nachbestellung
Der letzte AT = Versandtag
Leiterplatten bleifrei RoHS
HDI Leiterplatten bis 50µm

Alle Preise inklusive:
E-Test
2x Lötstop grün für SMD
Gerberdaten import
Design Rule Check
Einrichtungskosten
Photoplot
Leiterbahnen 150µm
Drill 0,3mm
FR4, 1.55mm, 35µm Cu
Multilayer mit AOI, XRay

basista.de
online kalkulieren & bestellen

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!

NEU!

NEU!

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

Elektor auf der Bildungsmesse



Didacta

Besuchen Sie den Matrix Multimedia/Elektor-Gemeinschaftsstand auf Europas führender Bildungsmesse in Köln und lernen Sie aktuelle und kommende Aus- und Weiterbildungsprojekte für den Unterrichtsbereich Elektronik kennen!

Sie finden uns in Halle 10, Stand C-039.

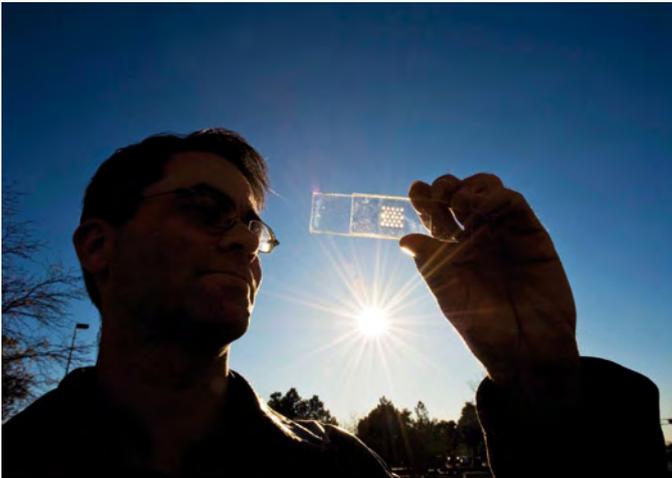
Messetermin: 16.03. – 20.03.2010

Öffnungszeiten: Täglich von 09:00 – 18:00 Uhr

Veranstaltungsort: Messegelände Köln-Deutz

Weitere Infos unter www.didacta-koeln.de

Von Phil Knurhahn



Mikrokristalline Solarzellen

Am Sandia National Laboratory wurden winzige photovoltaische Solarzellen aus kristallinem Silizium entwickelt, die einige viel versprechende Eigenschaften haben. Sie sind nicht nur preiswerter herzustellen als die üblichen quadratischen 5- oder 6-Zoll-Zellen, sondern brauchen auch nur ein Hundertstel an Silizium bei gleichem Flächenwirkungsgrad. Mikrolinsen aus Kunststoff, die über den einzelnen Zellen angebracht sind, konzentrieren das Sonnenlicht. Das Bild (Foto: Randy Montoya) zeigt den Sandia-Projektleiter Greg Nielson, der den Prototyp einer solchen Solarzelle mit Mikrolinsen in die Sonne hält.

Da die Zellen nur zwischen 14 und 20 µm dick und 0,25 bis 1 mm groß sind, lassen sie sich auch leicht auf gekrümmten Flächen anbringen. Das würde es zum Beispiel möglich machen, Zelte zur Solarstromerzeugung heranzuziehen. Mit üblichen Pick-and-Place-Maschinen ließen sich bis zu 130.000 dieser Minizellen pro Stunde montieren. Und noch ein Vorteil verdient Erwähnung: Wegen der hohen Zahl der Einzelzellen kann man durch entsprechende Verdrahtung höhere elektrische Spannungen generieren - ohne die sonst nötigen elektrischen Wandler.

www.sandia.gov/news/resources/news_releases/glitter-sized-solar-photovoltaics-produce-competitive-results

Kontrast ist (fast) alles

Am Max-Planck-Institut für Informatik wurde ein Kompressionsverfahren entwi-

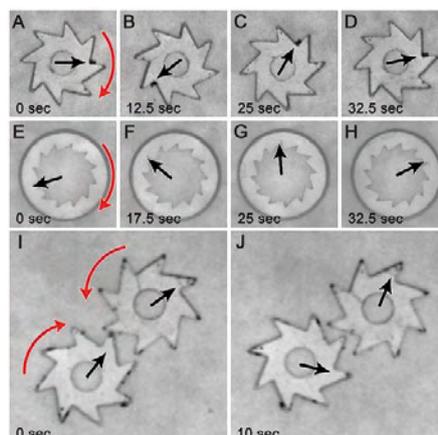
ckelt, das Bilder und Videos mit extremen Helligkeitsunterschieden codieren kann („High-Dynamic-Range HDR“). Ein gesundes Auge kann solche Kontraste wahrnehmen, doch brauchen die vielen Helligkeitsstufen sehr viel Speicherplatz. Um diesen zu reduzieren, passten die Forscher um Karol Myszkowski das Kompressionsverfah-

ren an eine Eigenschaft des menschlichen Auges an: Bei sinkender Helligkeit erkennt das Auge die Kontraste immer schlechter. Und warum sollte man Speicherplatz für etwas vorhalten, was das Auge gar nicht braucht? Auf die Weise konnte man die HDR-Bilder auf einen Umfang reduzieren, der kaum über dem von gängigen MPEG4-Bildern liegt.

www.mpi-inf.mpg.de/resources/hdr

Bakterien treiben Zahnräder an

Das Argonne National Laboratory hat gemeinsam mit der Northwestern University erfolgreich Bakterien eingesetzt, um kleine Zahnräder zu bewegen. Diese Mikrozahnräder mit einem Durchmesser von etwa 380 µm (Bilder: Argonne) befanden sich zusammen mit dem Bacillus Subtilis in einer geeigneten Nährlösung. Nach einer Phase der Orientierung arbeiten einige hundert Bakterien zusammen. Die bewe-



gungsfreudigen Bakterien drehten die winzigen Zahnräder rasch und brauchten für eine Umdrehung zwischen 35 und 70 Sekunden. Die Drehgeschwindigkeit hängt von der Sauerstoffzufuhr ab. Man könnte damit eines Tages Reparaturen im Mikromaßstab ausführen.

www.anl.gov/Media_Center/News/2009/news091216a.pdf

Last but not least

Mitten in Kanada entwickelt der studierte Naturwissenschaftler Le Trung das Abbild seiner japanischen Jugendfreundin als humanoiden Roboter. Das hübsche Mädchen (Bild) hört auf den Namen „Aiko“, übersetzt etwa „meine Liebe“. Sie kann mehr als 13.000 Sätze reden, liest Zeitung



(wenn die Schrift mindestens 12 pt groß ist), kann einfache mathematische Gleichungen lösen und sich auch Gesichter merken. Auf Wunsch bringt Aiko einen Schirm, wenn es draußen regnet oder wärmere Bekleidung, wenn es stürmt. Als nächstes will ihr Betreuer ihr nun beibringen, wie man Kaffee macht und hofft, dass sie eines Tages in der Lage sein wird, das Badezimmer nach dem morgendlichen Duschen aufzuräumen. Das eigens entwickelte Softwaresystem dahinter heißt sinnvoller Weise BRAINS (Bio Robot Artificial Intelligence Neural System).

www.projectaiko.com

MÄRZ

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/wsrio/

9. Frankfurt
Mobilfunk für Nichttechniker
„Up-to-date in one day“ verspricht der Untertitel dieses VDE-Seminars. Zum Programm siehe Website.
www.vde.com/de/Veranstaltungen/VDE-Seminare/Seiten/AlleSeminare.aspx

9. - 11. Düsseldorf
EMV 2009
Der Name dieser Messe ist Programm. Parallel finden Workshops zum Thema statt.
www.e-emv.com

10. Frankfurt
Moderne Kommunikationsnetze kompakt
Auf dem VDE-Seminar wird technisches Basiswissen zu Kommunikationsnetzen vermittelt, vom Internet bis zum Telefon.
www.vde.com/de/Veranstaltungen/VDE-Seminare/Seiten/AlleSeminare.aspx

10. - 11. Magdeburg
Wireless Automation 2010
9. VDI-Fachtagung zum Einsatz moderner Funktechnologien in der industriellen Automatisierung.
www.vdi-wissensforum.de/

Um fünfmal zum Produkt des Jahres *

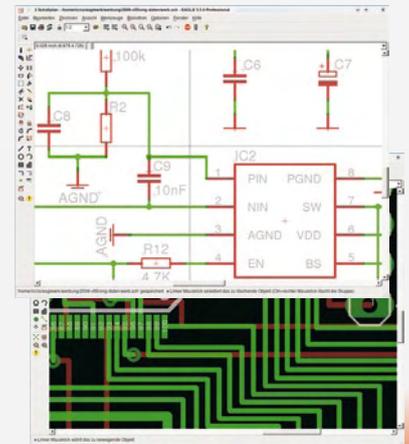


gewählt zu werden, braucht es mehr als ein tolles Programm



EAGLE Version 5

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



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

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

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

EAGLE Light ist Freeware!

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

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



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

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

www.cadsoft.de

08635 6989-10

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



element14

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

Anzeige

fileadmin/pdf/02TA204010.pdf

16. Erfurt
FPGA Einsteigerseminar
Veranstaltet von Distributor Arrow. Gezeigt wird, wie man einfache Schaltungen auf einem FPGA realisieren kann und seinen eigenen Mikrocontroller auf einem FPGA implementiert.
www.arrowce.de/cda/newsevents/0,3943,5501,00.html

18. - 19. Ostfildern bei Stuttgart
Energieeffiziente Embedded-Systeme
Symposium der Technischen Akademie Esslingen, in Zusammen-

arbeit mit der Zeitschrift Elektronikpraxis. Mit Fachvorträgen und einer Podiumsdiskussion.
www.tae.de/de/kolloquien-symposien/1-symposium-energieeffiziente-embedded-systems.html

20. Leipzig
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.
www.elektor.de/cc2-atmega-seminar

22. - 24. Erfurt
Analog 2010
Konferenz des VDE zur Entwicklung von Analogschaltungen mit CAE-Methoden. Einer der Schwerpunkte sind MEMS.
www.vde.com/analogue2010

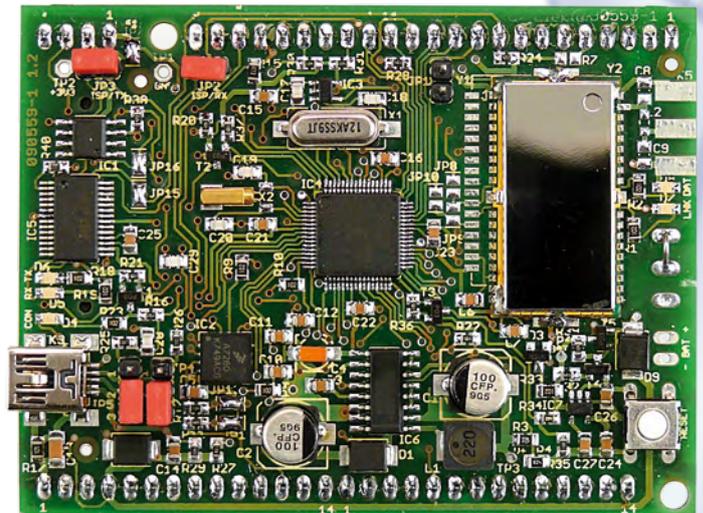
24. Hannover
Elektor Workshop
„MSR über das Internet“
Messen, Steuern, Regeln - und das von überall auf der Welt. Neben der nötigen Theorie steht das Programmieren eines Web-Servers mit angeschlossener Hardware in Visual Basic auf dem Stundenplan.
www.elektor.de/msr-workshop

Schwing das Zeppter!

32-bit-System für Rapid Prototyping

Von Clemens Valens (Redaktion F)

Dieses Open-Source-Projekt ist mehr als ein Board mit leistungstarkem Mikrocontroller, funktionaler Peripherie und zugehöriger Software, es ist ein System für echtes Rapid Prototyping. So darf sich nur ein System nennen, das außer einem durchdachten Board auch anwenderfreundliche Entwicklungstools und Bibliotheken mitbringt. Wenn Applikationen möglichst schnell einsatzfähig sein müssen, sind oft die Werkzeuge entscheidend. Ein ehrgeiziges Vorhaben? Wir haben alles daran gesetzt, im Reich der Embedded Systems dieses Zeppter zu schwingen!



Rapid Prototyping hat zum Ziel, im Schnellgang funktionsfähige Prototypen für Geräte oder Systeme zu realisieren. Dieses Ziel lässt sich nur erreichen, wenn leistungsstarke und anwenderfreundliche Entwicklungswerkzeuge zur Verfügung stehen, insbesondere wenn es um Projekte mit Mikrocontrollern geht. Ein Baukastensystem, bestehend aus intelligenten Bausteinen, kommt den Voraussetzungen sehr nahe. Häufig genügt es, für ein Projekt nur einen einzigen Proto-

typen zu bauen. Das Baukastensystem muss nicht für mehrere Exemplare dimensioniert sein. Die meisten gängigen Mikrocontroller-Entwicklungssysteme sind für Rapid Prototyping wenig geeignet, denn sie sind zu aufwendig, zu komplex oder für den einmaligen Einsatz zu teuer. Oft fehlt auch der Software-Support, der zum schnellen Entwickeln anspruchsvoller Applikationen nötig ist.

Ein geeignete Basis für Rapid Prototyping wäre Arduino [1], ein Mikrocontrollersystem, das wir in Elektor schon vorgestellt haben. Dem steht entgegen, dass Arduino vergleichsweise leistungsschwach ist und dass nennenswerte Peripherie auf dem Board fehlt. Arduino-Projekte sind in der Regel nicht ohne Erweiterungskarte realisierbar. Ausgehend von diesen Überlegungen wurde die Idee des „Zeppters“ geboren. Von einem System für Rapid Prototy-

- Auch der nicht professionelle Entwickler muss in der Lage sein, das System aufzubauen. Deshalb müssen Bauelemente verwendet werden, die in Einzelstückzahlen beschaffbar und von Hand lötlbar sind.

Mobile offene Plattform

ping erwarten wir folgende Eigenschaften:

- Leistungsstarker Mikrocontroller
- Funktionale Onboard-Peripherie
- Unkomplizierte Inbetriebnahme
- Kompakte Abmessungen
- Niedrige Kosten

Der vorstehenden Liste haben wir einen weiteren, für uns wichtigen Punkt hinzugefügt:

Die leistungsstärksten Mikrocontroller, die Einzelabnehmern zurzeit zugänglich sind, haben die Wortbreite 32 bit. Hier stehen diverse Typen zur Wahl, doch allein wegen der Forderung nach unkompliziertem Einsatz fallen viele Typen heraus. Aufgrund folgender Überlegungen haben wir uns für den LPC2148 von NXP entschieden:

- Hoher Bekanntheitsgrad, deshalb leicht beschaffbar.
- Erhältlich im Gehäuse LQFP64, das von

Eigenschaften

- Mikrocontroller ARM7TDMI-S LPC2148 (32 bit), 512 KB Flash, 40 KB RAM
- USB 2.0
- Bluetooth (Klasse 1 oder 2)
- SD-Kartenleser
- Serieller Port über USB (u. a. zum In-circuit Programmieren)
- Dreiachsiger Beschleunigungssensor
- Thermometer DS18B20
- Real-time-Clock
- Alle Mikrocontroller-Anschlüsse zugänglich
- Stromversorgung aus Akku oder USB-Port
- Li-Ion Akkulader
- Kompakte Abmessungen 6 · 8 cm²
- Open-Source: Tools, Programme und Hardware
- Umfangreiche kostenlose Open-Source-Bibliothek

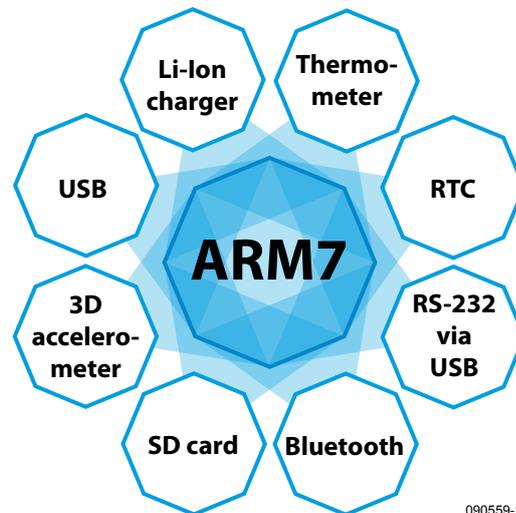
Hand lötbar ist, auch vom etwas weniger geübten Praktiker.

- Programmierbar über einen seriellen Port auf der Platine, ein Programmiergerät wird nicht benötigt.
- Leistungsstark: 32-bit-ARM7TDMI-S-Kern, 512 KByte Flash-Speicher, 40 KByte RAM, umfangreiche Peripherie onboard, zum Beispiel USB 2.0 und Real-time-Clock.
- Alles frei verfügbar: Open-Source-Entwicklungswerkzeuge für diverse Plattformen sind ebenso wie zahllose Bibliotheken kostenlos im Web erhältlich.

Über Art und Anzahl der peripheren Komponenten kann es unterschiedliche Meinungen geben. Wir hielten folgende Komponenten (siehe Bild 1) für sinnvoll und notwendig:

- Bluetooth-Modul: Drahtlose Kommunikation (wahlweise Klasse 1 oder 2).
- SD-Kartenleser: Zum Speichern von Programmen und Daten.
- USB 2.0 Schnittstelle: Der Mikrocontroller bringt sie bereits mit.
- RS232 Schnittstelle über USB: Nützlich für das In-circuit-Programmieren.
- Dreiachsiger Beschleunigungssensor: Eröffnet vielfältige Möglichkeiten.
- Thermometer: Kann immer nützlich sein.
- Real-time-Clock: Zahlreiche Applikationen brauchen sie.
- Lader für Li-Ion-Akku: Mobile Stromversorgung für das Board.
- Schnittstelle für Erweiterungen: Alle Mikrocontroller-Anschlüsse sind herausgeführt, denn niemand kann im Voraus an alles denken...

Dies alles auf einer kleinen, kompakten Platine unterzubringen widerspricht eigentlich unserer Forderung nach unkompliziertem Aufbau von Hand. Notwendig war die Suche nach SMD-Bauelementen, die sich möglichst problemfrei auf einer dicht zu bestückenden, doppelseitigen Platine montieren lassen. Weil der Aufbau keine unüberwindliche Hürde sein darf, wurden beispielsweise die Stromversorgung und der Akkulader



090559-11

Bild 1. Das „Zepter“ ist reich geschmückt.

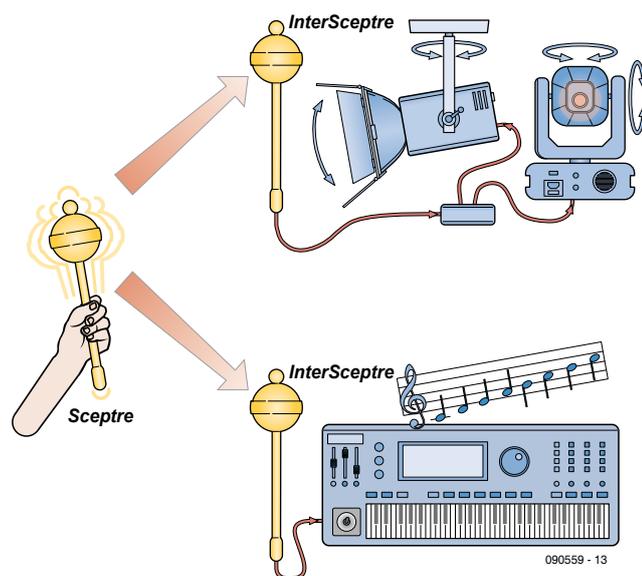


Bild 2. Mit dem „Zepter“ in der Hand können Systeme drahtlos „regiert“ werden, denn Bluetooth ist mit an Bord!

etwas anders als üblich konzipiert. Die einzige Komponente, die sich weniger leicht handhaben lässt, ist der Beschleunigungssensor. Leider konnten wir keinen äquivalenten Typ in einem weniger schwierigen Gehäuse finden.

Da unser „Zepter“ auf diversen Open-Source-Projekten aufbaut, gehört auch unser Projekt zur Open-Source-Familie. Den Quellcode und die CAD-Dateien (Eagle) können Sie kostenlos von unserer Projektseite [2] herunterladen. Sie dürfen alles nach eigenen Ideen ändern und anpassen, das „Zepter“ halten Sie in der Hand!

Applikationen

Wenn Sie die Wii-Spielekonsole von Nintendo näher kennen, sind Ihnen vielleicht einige Gemeinsamkeiten zwischen unserem „Zepter“ und der Fernsteuerung „Wiimote“ aufgefallen. Dieser Eindruck ist zutreffend (weil unser Projekt uneingeschränkt Open-Source ist, legen wir alles offen auf den Tisch!), beide Systeme sind portabel, sie sind mit leistungsstarken Mikrocontrollern, mit Beschleunigungssensoren und Bluetooth ausgestattet. Ursprünglich schwebte uns tatsächlich vor, ein dem „Wiimote“ ähnliches System zu konzipieren. Den Namen „Zepter“ wählten wir, um seine Funktionalität als intelligentes Fernsteuersystem (Bild 2) hervorzuheben. Das „Zepter“ erschließt jedoch unzählige weitere Einsatzbereiche, denn es ist eine offene, universelle Plattform.

Die Schnittstelle für SD-Speicherkarten ist eine praktische Voraussetzung für den Einsatz als unabhängiger Datenlogger. Das Thermometer auf dem Board und die Echtzeituhr können beispielsweise die Datenquellen sein. Der Mikrocontroller und die übrigen Komponenten sind für minimale Stromaufnahme konzipiert, eine lange Akku-Lauf- und Lebensdauer ist gewährleistet.

Bluetooth der Klasse 1 (Reichweite bis 100 m im Freien), der Beschleunigungssensor und die controllerinterne Pulsbreitenmodulation (PWM) prädestinieren das „Zepter“ für den Einsatz im Modellbau. Das System kann zentrale Funktionen in ferngesteuerten Modellen übernehmen, und auch die Roboter-Technik ist ein naheliegendes Einsatzfeld. Für Bluetooth ist auf der Platine

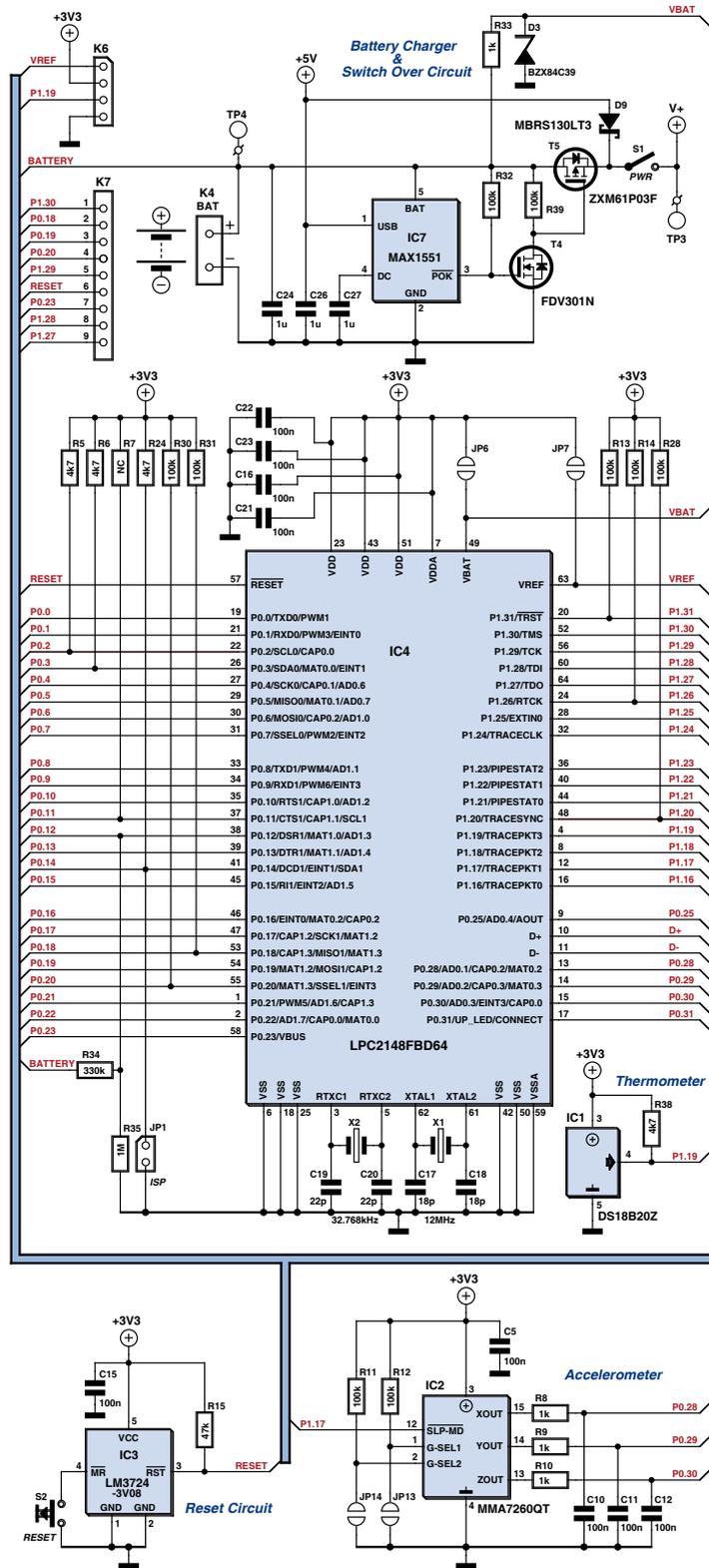
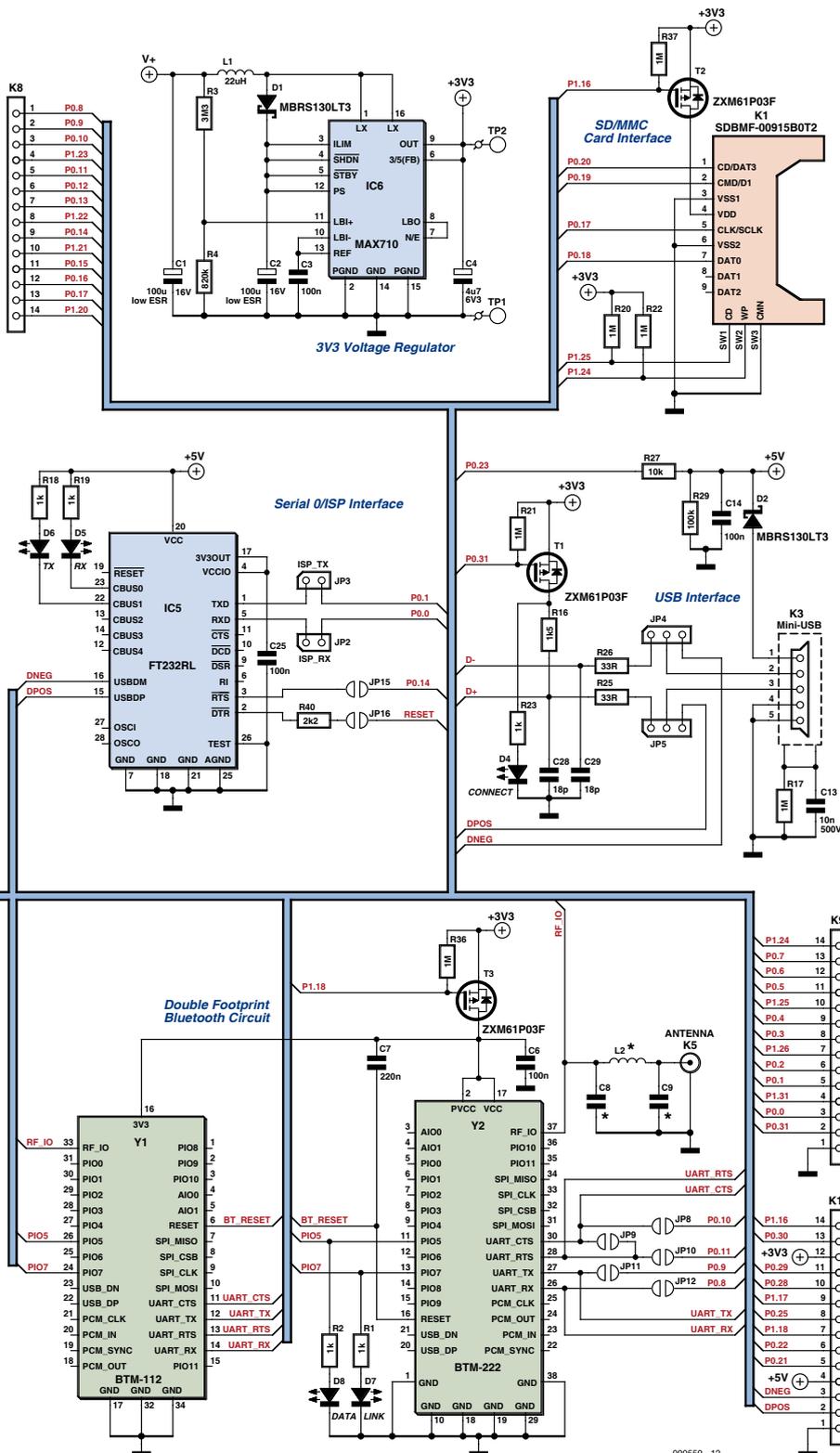


Bild 3. Die Hardware des „Zepters“ besteht zwar aus relativ vielen Bauelementen,



ein SMA-Antennenanschluss montierbar, ferner ist Platz für eine Impedanzanpassung vorhanden. Über die USB-Schnittstelle lässt sich das System unkompliziert mit einem PC koppeln. Der Erweiterungsanschluss erlaubt den Zugang zu allen Schnittstellen des Mikrocontrollers: UART (2), SPI (2), I²C (2), PWM (6), DAC (14), ADC (1) und USB. Das „Zepter“ kann sogar als Herz eines Mini-Computers schlagen, mit alphanumerischer Tastatur, LC-Bildschirm und einer SD-Karte als virtueller Festplatte. Der Phantasie sind wirklich keine Grenzen gesetzt.

Hardware

Die Schaltung des „Zepter“ geht aus Bild 3 hervor. Da rund 100 Bauelemente und zahlreiche Verbindungsleitungen dazugehören, mag die Hardware auf den ersten Blick verwirrend erscheinen. Bei näherer Betrachtung stellt sich schnell heraus, dass die einzelnen Funktionen leicht überschaubar sind. Hier ein kurzer Überblick:

- Das Board kann wahlweise aus einem Akku oder über den USB-Port mit Strom versorgt werden. Der USB-Port hat Vorrang, denn über den USB-Port wird auch der Akku geladen. Der MAX1551 (IC7) ist ein Li-Ion-Ladebaustein mit nur fünf Anschlüssen. Der Baustein erkennt, ob an einem der beiden Eingänge (nur ein Eingang wird benutzt) Spannung liegt. Zwischen +5 V des USB-Port und dem Akku schalten T4, T5 und D9 um. Die übliche, aus zwei Dioden bestehende Weiche hat den Nachteil, dass der höhere Spannungsverlust zu einer weniger effizienten Nutzung der Akkukapazität führt. Die vom Akku oder USB-Port kommende Spannung wird anschließend von einem MAX710 (IC6) in eine Spannung von 3,3 V umgesetzt. Der MAX710 arbeitet bereits bei Eingangsspannungen ab 1,8 V, so dass die Akkukapazität effizient genutzt wird. Zwar existieren PMIC-Bausteine (Power Management ICs), die sämtliche genannten Funktionen besser, funktionaler oder kostengünstiger im gleichen Gehäuse vereinen. Leider sind diese PMICs nur im QFN-Gehäuse oder im noch schwierigeren BGA-Gehäuse erhältlich. Für die Bestückung von Hand sind diese Bauformen nicht geeignet.

sie bleibt aber übersichtlich.

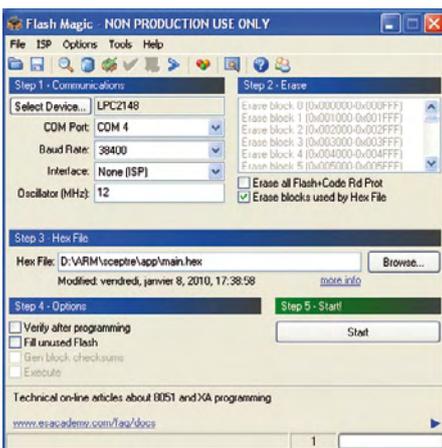


Bild 4. In Flash Magic darf die Geschwindigkeit beim Programmieren nur bis 38400 Baud eingestellt werden, im Terminal-Modus sind auch höhere Geschwindigkeiten zulässig.

- Auf dem Board befinden sich zwei USB-Ports, es ist aber nur ein USB-Anschluss vorhanden. Über zwei Jumper kann der gewünschte USB-Port auf den USB-Anschluss geschaltet werden. Um beide USB-Ports gleichzeitig nutzen zu können, kann Steckverbinder K10 mit einer Zusatzplatine verbunden werden, auf der sich der Schnittstellenwandler FT232 (IC5) befindet. IC5 ist dafür vorgesehen, das Board während der Entwicklungsphase über USB zu programmieren. Später sind die vier Leitungen für andere Zwecke frei. Die Betriebsspannung für IC5 wird ausschließlich dem USB-Port entnommen, der Akku wird nicht belastet. Die Lötbrücken JP15 und JP16 erleichtern das Programmieren, da der Mikro-

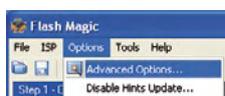


Bild 5. Options -> Advanced Options: Ein Haken in diesem Feld erlaubt Flash Magic, das „Zepter“ in den Programmiermodus zu versetzen und nach dem Programmieren neu zu starten.

controller mit ihrer Hilfe automatisch zwischen dem Programmiermodus und dem Normalbetrieb umgeschaltet wird. Ohne JP15 und JP16 müsste zum Programmieren zuerst JP1 geschlossen werden, danach wäre ein Reset notwendig. Nach dem Programmieren müsste JP1 geöffnet werden, gefolgt von einem zweiten Reset. Auf die Dauer wäre dies etwas umständlich.

- LED D4 ist die Statusanzeige des USB-Port, sie kann natürlich auch anderen Zwecken dienen. Falls gleichzeitig der USB-Port genutzt wird, muss R16 entfernt werden.
- Die Betriebsspannungen des SD-Kartenlesers und des Bluetooth-Moduls werden von den Transistoren T2 und T3 geschaltet, um Energie zu sparen.
- Auf dem Board befinden sich zwei Plätze für Bluetooth-Module: Einer für Module der Klasse 1 (BTM-222), der andere für Module der Klasse 2 (BTM-112). Der Energiebedarf von Modulen der Klasse 1 (100 m) ist natürlich höher als der von Modulen der Klasse 2 (10 m).
- Das Pi-Filter mit C8, L2 und C9 passt die Bluetooth-Antenne an den HF-Ausgang des Bluetooth-Moduls an. Meistens ist dieses Filter entbehrlich, L2 kann dann durch eine Drahtbrücke oder einen 0-Ω-Widerstand ersetzt werden. Als Antenne genügt ein Stück Draht mit 31 mm Länge, es kann aber auch eine Edge-SMA-Buchse auf dem Board montiert werden. An die Buchse wird eine externe WLAN-Antenne angeschlossen.
- Die Bluetooth-Module kommunizieren mit dem Mikrocontroller über die Leitungen RX und TX. Die Leitungen RTS und CTS sind ebenfalls angeschlossen, falls nötig können sie über JP9 miteinander verbunden werden.
- Der dreiachsige Beschleunigungssensor lässt sich zur Energieeinsparung in einen Standby-Modus versetzen. Die Empfindlichkeit hängt von zwei Jumpers ab, sie ist am niedrigsten, wenn die Jumper nicht vorhanden sind. Das Datenblatt des Beschleunigungssensors [3] gibt detaillierte Auskunft.
- Das Thermometer nimmt nur Energie auf, wenn mit ihm kommuniziert wird, eine hier sehr willkommene Eigenschaft.

- Über die Jumper JP6 und JP7 können die Spannungen Vbat (für die Real-time-Clock) und Vref (für den DAC) auf 3,3 V gelegt werden.

Entwicklungsumgebung

Mikrocontroller werden mit komplexen Software-Werkzeugen programmiert, was das Vorhaben oft nicht erleichtert. Bei unserem „Zepter“ ist das anders, denn wir haben die Entwicklungstools von Anfang an in unser Konzept einbezogen: Anwenderfreundlich, ohne Kosten und verfügbar für verbreitete Plattformen, das waren unsere Forderungen. Für den ARM-Kern des „Zepters“ gibt es mehrere kostenlose Compiler-Pakete, die zur Familie der GNU Compiler Collection (GCC) [4] gehören und unter Linux, Mac OS und Windows laufen. Wir haben uns für ein Tool-Paket entschieden, das zwar nicht mehr ganz taufisch ist, sich aber mühelos installieren und bedienen lässt. Das Paket enthält alles, was der Anwender zum Sofortstart braucht. Der einzige Nachteil besteht darin, dass dieses Tool-Paket nur für Windows existiert. Gemeint ist die Distribution WinARM [5], zu der ein Compiler, ein Link-Editor, ein spezieller Programm-Texteditor, ein Tool zum Flashen des Mikrocontrollers sowie viele weitere Tools gehören.

Die Auswahl von WinARM bedeutet nicht, dass es keine gleichwertigen Alternativen gibt. Alle von uns für das „Zepter“ entwickelten Programm-Quellcodes können mit beliebigen C/C++-Compilern verarbeitet werden, sofern sie Executables für den LPC2128 erzeugen können.

Ein weiterer stichhaltiger Grund für die Beschränkung auf Windows ist Flash Magic [6], ein anwenderfreundliches Flash-Tool, das Bedienfehler vermeiden hilft und für den nicht gewerblichen Einsatz kostenlos ist. Verglichen mit dem Flash-Tool Ipc21isp von WinARM bietet es deutliche Vorteile. Zu Flash Magic gehört ein Terminal für den seriellen Port, was beim Debuggen äußerst nützlich sein kann. Während der Programm-entwicklung werden über den seriellen Port Informationen zurückgesendet, die den (hoffentlich) fehlerfreien Programmlauf bestätigen. Das Flashen des Mikrocontrollers geschieht ebenfalls über einen seriellen Port. Wenn der gleiche serielle Port beiden Aufgaben dient, genügt zwischen dem PC

Weblinks

[1] arduino.cc

[2] www.elektor.de/090559

[3] www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7260QT.pdf

[4] gcc.gnu.org

[5] www.siwawi.arubi.uni-kl.de/avr_projects/arm_projects/#winarm

[6] www.flashmagictool.com

[7] www.winehq.org

[8] www.ftdichip.com

und dem „Zepter“ ein einziges Verbindungskabel. Flash Magic geht Konflikten aus dem Weg, indem es verhindert, dass das Flash-Tool und das Terminal gleichzeitig aktiv sind. Der Anwender muss vor der Programmierung nicht auf die Freigabe des seriellen Port achten, Flash Magic sorgt selbst dafür. Wir haben es noch nicht getestet, doch vieles spricht dafür, dass Flash Magic auch auf dem Windows-Emulator WINE [7] unter Linux und Mac OS X reibungslos läuft. Vollständigkeitshalber sei angemerkt, dass auch zu lpc21isp ein Terminal gehört. Dieses Terminal kann jedoch nur genutzt werden, wenn die Geschwindigkeiten beim Debuggen und Flashen übereinstimmen. Nur eine gemeinsame Geschwindigkeit ist einstellbar.

Installation

Die Installation von WinARM ist denkbar einfach. Laden Sie die letzte Distribution von [5] herunter (Version 20060606, wir haben die neue Beta-Version 20080331 noch nicht getestet) und unpacken Sie das Archiv auf Ihre Festplatte. Wenn Sie die Dateien nach C:\ unpackt haben, fügen Sie folgenden Eintrag zur Windows-Variablen „Path“ hinzu:

```
C:\WinARM\bin;C:\WinARM\utils\bin;
```

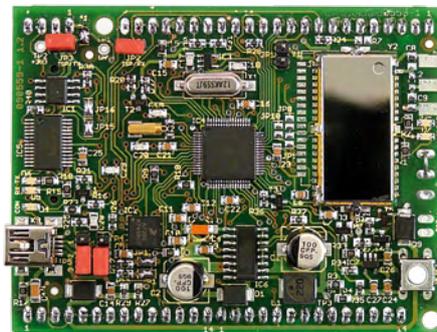
Sie können die Path-Variable auch auf der Kommandozeilen-Ebene oder in einer Batch-Datei (.bat) setzen. Das Kommando lautet wie folgt:

```
set path = %path%;C:\WinARM\bin;C:\WinARM\utils\bin
```

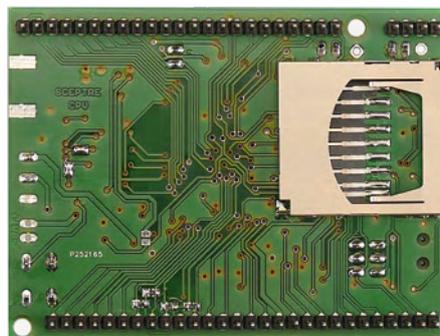
Die Batch-Datei muss vor jeder WinARM-Programmiersitzung ausgeführt werden.

Da WinARM alles Notwendige selbst einrichtet, ist die Installation damit schon beendet. Sie können die Installation testen, indem Sie ein mitgeliefertes, für den LPC2148 bestimmtes Beispiel testen. Die Beispiele finden Sie in diesem Ordner: WinARM\examples\lpc213x_lpc214x_examples\

Das Tool Flash Magic ersetzt die inzwischen überholte LPC2000 Flash Utility. Flash Magic wird laufend um weitere Mikrocontroller ergänzt, laden Sie deshalb die neueste Version aus dem Web herunter. Nach der Installation richten Sie Flash Magic wie in Bild 4 gezeigt für das „Zepter“ ein, indem Sie den



Das Zepter ist in Ihrer Hand!



zutreffenden COM-Port wählen. Die Optionen unter „Step 4“ setzen die Programmiergeschwindigkeit herab, sie sollten daher nur bei Bedarf aktiviert werden.

Es ist denkbar, dass die Treiber für den USB-Port des „Zepfers“ auf Ihrem PC noch nicht installiert sind. Der USB-Port arbeitet mit einem vielverwendeten Baustein von FTDI, die Treiber können Sie von [8] herunterladen (VCP-Treiber). Falls Sie nicht wissen, ob die Treiber bereits installiert sind, schließen Sie das „Zepter“ probeweise über USB an den PC an. Bei fehlendem Treiber gibt das

Betriebssystem eine entsprechende Meldung aus. Die meisten aktuellen Betriebssysteme können die Treiber selbstständig suchen und installieren.

Um die Kommunikation zwischen PC und „Zepter“ zu testen, stellen Sie eine Verbindung mit dem Mikrocontroller her. Nachdem Sie die „Advanced Options“ korrekt eingestellt haben (Bild 5), geben Sie in Flash Magic das Kommando `ISP -> Read Device Signature` ein. Bei erfolgreichem Test erscheinen die ID `0x0402FF25` sowie die Versionsnummer 2.12 des Bootladers. In lpc21isp kommen Sie zum gleichen Ziel, wenn Sie folgendes Kommando eingeben:

```
lpc21isp -detectonly -control  
main.hex com4 38400 12000
```

In diesem Kommando muss stets eine Hex-Datei angegeben sein, auch wenn sie nicht existiert. Als Identifikation erscheint folgende Meldung:

```
Synchronizing. OK  
Read bootcode version: 2.12.0  
Read part ID: LPC2148, 512 kiB ROM  
/ 40 kiB SRAM (67305253)
```

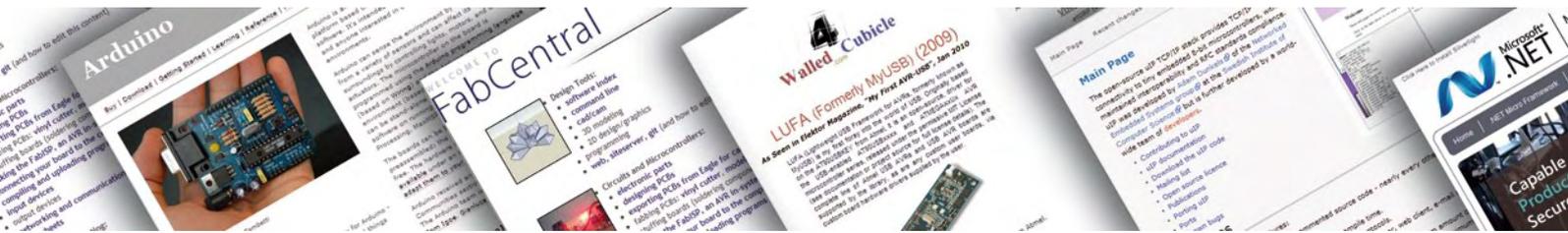
Die am Schluss in Klammern stehende Zahl ist die dezimale Form der ID `0x0402FF25`, die Flash Magic ausgibt.

Wird fortgesetzt...

Fortgeschrittene Leser können schon jetzt mit dem Entwickeln von Anwendungen für das „Zepter“ beginnen. Auf unserer Projektseite [2] steht die erste Version unserer in C/C++ geschriebenen Bibliothek zum Download bereit.

Die Bibliothek ist noch längst nicht vollständig, sie enthält aber viele Grundfunktionen, die für das Entwickeln von „Zepter“-Applikationen notwendig sind. Weniger eiligen Lesern empfehlen wir, zuerst die Hardware aufzubauen. Im nächsten Monat werden wir ausführlich beschreiben, wie das „Zepter“ weiter zu schwingen ist...

(090559)gd



20 x Open Source

Interessante Links für Embedded-Entwickler

Von Jens Nickel (Redaktion D)

Auch im Embedded-Bereich existiert eine Fülle an hilfreichen Open Source Programmen: Von Editoren über Compiler bis zu Bibliotheken und Betriebssystemen reicht die Palette. Dabei kann man nicht nur Lizenzkosten sparen, sondern auch eine Menge lernen. Wir haben eine kleine Liste von Open Source Projekten zusammengestellt, die man kennen sollte.

Für Open Source Software sprechen viele Vorteile: Die Unabhängigkeit von einem Hersteller, fehlende Lizenzkosten und oft auch eine hohe Qualität dank einer großen und aktiven Entwicklergemeinde. Wer Zugang zum Quellcode eines Programms hat, kann nicht nur Fehler selbst beheben, die Software an eigene Bedürfnisse anpassen oder mit neuen Features erweitern. Zumindest bei nicht allzu komplexen Open Source Projekten lässt sich mit Hilfe des Codes auch eine Menge lernen.

Dies sollte Grund genug sein, sich auch als Entwickler von Mikrocontroller-Projekten mit dem Thema Open Source auseinanderzusetzen. PC-Tools wie Editoren oder Dokumentationsprogramme, Toolchains für diverse Mikrocontroller, aber auch Betriebssysteme und Bibliotheken sind mittlerweile in großer Zahl mit offenem Quellcode erhältlich. Nicht vergessen

werden soll hier Open Source Hardware, also (Mikrocontroller-)Boards, bei denen Schaltpläne und CAD-Daten offen liegen und die User ausdrücklich aufgerufen sind, eigene Verbesserungen und Erweiterungen einzubringen. Zu solch freier Hardware gehören immer auch Softwarebeispiele und Bibliotheken, die es gerade Einsteigern leichter machen, zu einer ersten Anwendung zu kommen.

Die Absicht, einen auch nur partiellen Überblick an Open Source Soft- und Hardware geben zu können, ist bei der Fülle an erhältlichen Programmen (und Zielsystemen) von vornherein zum Scheitern verurteilt. Stattdessen haben wir vier Entwickler gefragt, uns Open Source Projekte zu nennen, die sie (teilweise) selbst bei der eigenen Arbeit gewinnbringend einsetzen. Wenn Sie ebenfalls gute Erfahrungen mit einem Embedded Open Source Projekt gemacht haben oder

meinen, dass ein besonders interessantes Tool fehlt, lassen Sie es uns wissen!

Hardware

(Zusammengestellt von Clemens Valens, Elektor F)

Arduino

Das sehr populäre Projekt umfasst eine Reihe kompakter, recht einfacher Prozessor- und Entwicklungsboards (die bei verschiedenen Elektronikversendern auch fertig bestückt erhältlich sind). Ein gut besuchtes Forum und viele Softwarebeispiele machen es Einsteigern einfach.

<http://arduino.cc>

Openmoko

Nicht weniger als der komplette Software Stack eines Smartphones wird hier quelloffen entwickelt. Die Hardware des dazu gehören-

Lizenzen

Obwohl die Nutzung von Open Source Software (OSS) mit keinen Lizenzgebühren verbunden ist, sind nur die wenigsten Programme wirklich frei verwendbar. In der Regel steht die OSS unter einer Lizenz, von der die GNU General Public License (GPL) wohl die bekannteste ist. Diese recht strenge Lizenz verlangt von jedem, der ein entsprechendes Programm verändert oder erweitert, dieses ebenfalls wieder unter der GPL zu veröffentlichen. Gleiches gilt für eine eigene Applikation, die unter der GPL stehende Betriebssysteme oder Bibliotheken nutzt. Wer ein Embedded-Projekt mit kommerzieller Motiva-

tion entwickelt, sollte sich daher intensiv mit den Lizenzbestimmungen auseinandersetzen und fallweise auch einen juristischen Experten hinzuziehen. Für unsere Anmerkungen zu den Lizenzen können wir natürlich keine Gewähr übernehmen!

Für reine Evaluationszwecke (oder Hobbyanwender) sind die Open Source Lizenzen keine wesentliche Einschränkung. In jedem Fall beachten muss man die Pflichten zum Copyright- und Lizenzvermerk im Quellcode.

Einen Überblick liefert die Website der Open Source Initiative (OSI) unter www.opensource.org/licenses/alphabetical.



den Handys Neo FreeRunner liegt ebenfalls offen, dazu werden Entwicklungs-/Debug-Boards angeboten.

www.openmoko.org

GNU Radio & Universal Software Radio Peripheral

Das Projekt GNU Radio bietet ein Software Toolkit zur Realisierung eigener Software Defined Radio Anwendungen. Als Open Source Hardware wird das USRP-Board (Universal Software Radio Peripheral) genutzt, das auf einem FPGA basiert.

www.gnuradio.org

KiCAD

Das bekannte Open Source Elektronik-CAD-Programm soll in diesem Zusammenhang ebenfalls erwähnt werden, erlaubt es doch ein komfortables Erstellen von Schaltplänen und Platinen. Sogar eine 3D-Ansicht von Leiterplatten ist integriert. Siehe auch den Artikel in Elektor 11/2007.

<http://kicad.sourceforge.net/wiki/index.php>

www.elektor.de/060373

Fab Lab

Besonders interessant, weil außergewöhnlich, ist dieses Projekt. 3D-Lasercutter-, 3D-Drucker und diverse andere Geräte stehen jedem zur Verfügung, der sein Projekt anschließend öffentlich zugänglich macht. Wird sehr gerne für Robotik- und Kunstprojekte genutzt.

<http://fab.cba.mit.edu>

Bibliotheken & Run-Time-Tools

(Zusammengestellt von Benedikt Sauter, www.ixbat.de)

uIP/lwIP

Zwei hervorragende Netzwerkstacks, von denen sich ersterer für 8-bit-Prozessoren eignet. lwIP ist eine Weiterentwicklung für mittelgroße Controller.

Die Lizenz von uIP ist nicht allzu strikt, der Stack ist daher auch für kommerzielle Entwicklungen gut geeignet.

www.sics.se/~adam/uip

www.sics.se/~adam/lwip/

LUFA (vormals MyUSB)

Eine große Bibliothek für mit USB-Schnittstellen (Host und Device) ausgerüstete ATmega-Controller. So kann der AVR-Controller zum Beispiel eine Tastatur emulieren, doch sind noch viele andere USB-Geräte (Massenspeicher, Sound u.a.) ebenfalls implementiert.

www.fourwalledcubicle.com/LUFA.php

USB-Stack für LPC2148

ARM-Fans sollten sich diese USB-Bibliothek ansehen. Geschrieben für den LPC2148 von NXP mit ARM7-kompatiblen Core.

<http://wiki.sikken.nl/index.php?title=LPCUSB>

Crypto-avr-lib

Eine Kryptografie-Bibliothek für ATmega-Controller. Steht unter der GPL Version 3, auf Anfrage beim Autor sind allerdings auch

andere Lizenzen erhältlich.

www.das-labor.org/wiki/Crypto-avr-lib

FreeRTOS

FreeRTOS ist ein leichtgewichtiges Echtzeitbetriebssystem und für eine Vielzahl von Controllern erhältlich. Darf ausdrücklich auch in Verbindung mit kommerziell vertriebenen Closed Source Anwendungen eingesetzt werden.

www.freertos.org

Eine Liste von vielen weiteren Open Source Betriebssystemen findet man in einem weiteren Artikel in diesem Heft!

U-Boot

Bootloader mit einem reichhaltigen Fundus an Routinen für Speicher, UART-Schnittstellen, SD-Karten, Netzwerk, USB usw. Als Bootloader konzipiert, doch dank der umfassenden Hardwareunterstützung auch als Grundlage für eigene C-Modulare zu gebrauchen.

www.denx.de/wiki/U-Boot

Embedded Filesystems Library

Ein sehr nützliches (FAT-)Dateisystem, wenn es auf geringen Speicherplatz ankommt. Dank der LGPL-Lizenz auch in kommerziellen Entwicklungen verwendbar (lediglich Veränderungen an der Bibliothek selbst müssen offen gelegt werden).

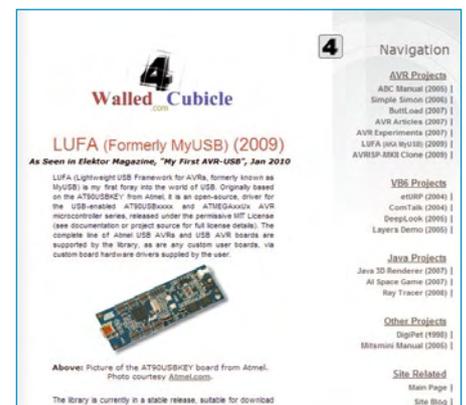
<http://efsl.be>



Arduino: Einfache Hardware, C-ähnliche Programmiersprache, gutes Forum

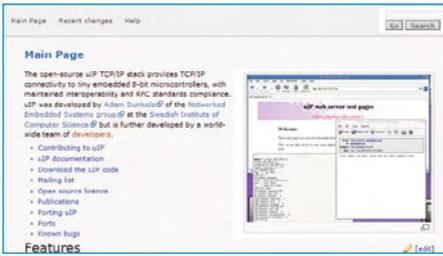


Fab Lab: Kostenlose Designschmiede für offengelegte Projekte



LUFA: Viele Programmierbeispiele für USB-Einsteiger und -Fortgeschrittene

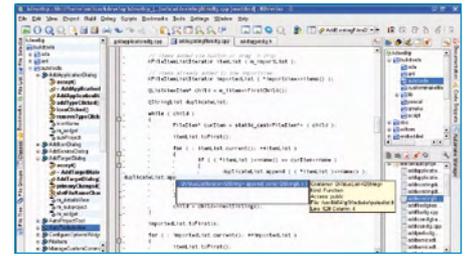
OPEN SOURCE



uIP: TCP/IP für 8-bit-Controller – mit sehr gut kommentiertem Code



.NET Micro Framework: Open Source aus dem Hause Microsoft



Kdevelop: Codevervollständigung und vieles mehr (Shot: kdevelop.org)

.NET Micro Framework

Seit kurzem Open Source: Ein sehr kompaktes, abgespecktes .NET-Framework, das auf verschiedenen ARM-Plattformen läuft. Programmiert wird in der objektorientierten C-Variante C#; eine Fülle von Basis-klassen (I2C, Ethernet u.v.m.) verkürzt die Entwicklungszeit.

www.microsoft.com/netmf/default.aspx

PC-Tools

(Zusammengestellt von Antoine Authier und Jerry Jacobs, Elektor Lab)

Eclipse

Eine komfortable Entwicklungsumgebung, die dank des modularen Prinzips sehr flexibel konfiguriert werden kann. Inzwischen existieren rund 1000 Plugin-Module (die teilweise allerdings kommerziell vertrieben werden) für die verschiedensten Programmiersprachen und Zielsysteme. Siehe auch den Elektor-Artikel in 02/2007.

www.eclipse.org

www.elektor.de/060018

Kdevelop

Kdevelop ist ein Sourcecode-Editor, der auch den Ansprüchen von Power-Usern genügt. Das Programm lässt sich in vielerlei Weise an die eigenen Bedürfnisse anpassen.

www.kdevelop.org



Eclipse: Mächtige Entwicklungsumgebung dank 1000 Plugins

Programmer's Notepad

Ein leichtgewichtiger, aber effizienter Editor für Programmierer. Für eine schnelle, einfache und komfortable Codeentwicklung. Mit Plugins erweiterbar.

www.pnotepad.org

Doxygen

Ein intelligentes Tool zur automatischen Erstellung einer Code-Dokumentation (C, C++, Java u.a.). Der Programmierer muss den Quelltext hierzu lediglich mit Tags versehen; Doxygen generiert hieraus eine umfassende PDF- oder HTML-Dokumentation.

Das Tool kann auch Strukturen in undokumentiertem Quellcode visualisieren.

www.stack.nl/~dimitri/doxygen

WinMerge

Ein gutes Open Source Tool zum Codevergleich und zur Codesynchronisation. Das Programm kann auch den Inhalt von Ordnern vergleichen und das Ergebnis in einer Baumstruktur darstellen.

<http://winmerge.org/>

Tera Term

Ein Terminal-Programm, das sowohl COM-Ports als auch das Telnet-Protokoll unterstützt. Eignet sich gut, um serielle Verbindungen zwecks Debugging zu belauschen.

<http://ttssh2.sourceforge.jp>



Programmer's Notepad: Reguläre Ausdrücke, Unicode und viele weitere Features

GNU Toolchains

Eine Open Source Toolchain des GNU-Projekts gibt es für viele Prozessor-Architekturen, darunter AVR, Coldfire, ARM, MIPS, PowerPC und Intel x86. Die GNU-Toolchain umfasst nicht nur einen Compiler für C, C++ und in manchen Fällen auch Java (GCC = GNU Compiler Collection), sondern auch einen Linker, Assembler und Debugger sowie C-Bibliotheken (libc = C library). Die Tools werden wiederum von anderen Open Source Projekten wie WinAVR genutzt, welche eine komfortable Entwicklungsoberfläche mitbringen.

GNU Compiler Collection:

<http://gcc.gnu.org>

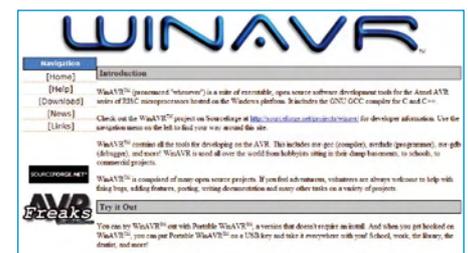
WinAVR:

<http://winavr.sourceforge.net>

Yet another GNU ARM toolchain:

www.yagarto.de

(091033)



WinAVR: Compiler, Debugger, Programmer – alles für AVR-Entwickler

FRONTPLATTEN & GEHÄUSE

Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

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

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

Preisbeispiel: 32,50 € zzgl. MwSt./Versand



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

Schrittmotorsteuerkarte

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 Source!
- Anpassung an Ihre Anforderungen möglich!

Nur € 79,-



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



REFLOW-KIT®

Beta LAYOUT

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



€ 129,00



Video
www.reflow-kit.de/video



Anwenderbericht
www.reflow-kit.de/bericht

Reflow-Controller



€ 159,00

Schablonendrucker für kleine SMD-Schablonen



€ 139,00

Lotpaste (bleifrei)



€ 19,00

Pinzettensatz



€ 19,00

www.reflow-kit.de

HOTLINE 0800 7227665 · E-Mail: info@reflow-kit.de

Beta

LAYOUT

Workshop

Grafisches Programmieren mit AVR

NEU!

➔ Für Lehrer und Dozenten, die E-blocks im Unterricht/Ausbildung einsetzen wollen

Sie wollen Ihren Studenten/Schülern die Programmierung von Mikrocontrollern nahe bringen, flexibel bei der Gestaltung von kleineren Lehreinheiten sein oder vielleicht doch ein größeres Studienprojekt schaffen, ohne sich mit Löten beschäftigen zu müssen? Dann sind die modularen E-blocks von Elektor genau das Richtige für Sie. Wir zeigen Ihnen, was Sie mit den Hardware-Modulen rund um den Atmel-AVR-Mikrocontroller so alles anfangen können und geben Ihnen eine Starthilfe für die Arbeit mit Ihren Schülern/Studenten.

Veranstaltungsort/-termin:

Bocholt 05.03.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

399,00 Euro

Im Preis sind jeweils Mittagsbuffet, Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen) und Aushändigung des Teilnahmezertifikats sowie die aktuelle Software „Flowcode 3 Professional für AVR-Mikrocontroller“ im Wert von 180,- € inbegriffen.



Elektor-Abonnenten erhalten 5% Rabatt!

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

Klein & Open source

Quelloffene Embedded Betriebssysteme

Von Harald Kipp (D)

Der Artikel „Multitasking für den ATmega“ im letzten Heft bot einen praktischen Einstieg in die Welt der Mikrocontroller-Betriebssysteme. Wer auf den Geschmack gekommen ist und sich im Internet umschaute, findet eine große Zahl ähnlicher Open Source Projekte.

Die oft zitierte Eigenschaft des Internets, nichts zu vergessen, erschwert einen Überblick: Bei einer ersten Bestandsaufnahme hat der Autor nicht weniger als 30 quelloffene OS-Projekte gezählt, die auch 8-bit-Mikroprozessoren unterstützen. Viele davon scheinen allerdings in einen Dornröschenschlaf gefallen zu sein: Bei nur etwa der Hälfte aller Projekte wurde in den letzten sechs Monaten mindestens ein Update veröffentlicht. In unserer Tabelle haben wir uns daher auf 15 aktive Projekte beschränkt, doch diese Auswahl ist natürlich subjektiv und sagt nichts über die Qualität aus. Auch in aktuell inaktiven Projekten verbergen sich manchmal echte Schätze, die nur darauf warten, wieder entdeckt zu werden. Der offene Quellcode macht's möglich!

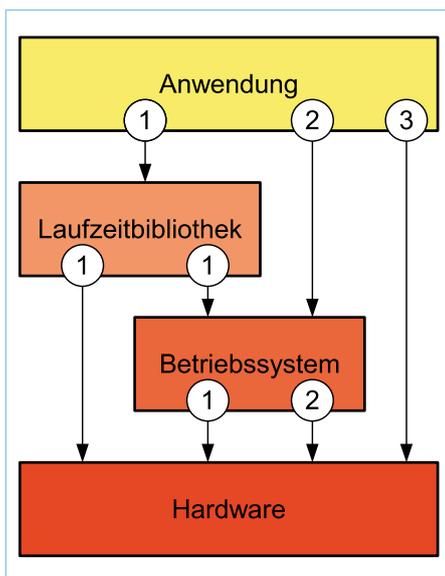


Bild 1. Zugriffe über eine Laufzeitbibliothek machen eine Anwendung hardware- und betriebssystemunabhängig (1). Zugriffe über das Betriebssystem (2) abstrahieren (gegenüber den direkten Zugriffen (3)) von der Hardware.

Atmen Sie erst einmal tief durch, denn wir kommen gleich zur unvermeidlichen Kernfrage: Was ist eigentlich ein Betriebssystem? Selbst Experten fällt es schwer, darauf eine eindeutige Antwort zu geben. Allgemein formuliert hat ein Betriebssystem zwei Aufgaben, nämlich Ressourcen zu verwalten und Hardwaredetails zu verbergen. Zu den Ressourcen zählen üblicherweise die CPU, der Speicher und die Ein-/Ausgabegeräte. Details der Hardware werden vor den Anwendungsprogrammen verborgen, damit diese ohne Änderung auf unterschiedlicher Hardware laufen können.

CPU-Verwaltung

Alle hier vorgestellten Betriebssysteme erlauben es, mehrere Aufgaben (englisch „Tasks“) scheinbar gleichzeitig abzuarbeiten. Der Fachbegriff lautet Multitasking; die Vorteile haben wir im letzten Heft (am Beispiel von Femto OS) ausführlich dargestellt [1]. Den Wechsel von einem Task zu einem anderen nennt man Kontextwechsel. Je nach Typ des Betriebssystemkerns geht dieser mehr oder weniger aufwendig von statten. Generell unterstützen Betriebssysteme zwei Arten von Multitasking, nämlich kooperatives und präemptives. Beim kooperativen Multitasking findet ein Kontextwechsel nur statt, wenn ein Task freiwillig die Kontrolle über die CPU abgibt. Positiv ausgedrückt: Die Anwendung ist davor geschützt, an jeder beliebigen Stelle unterbrochen zu werden. In der Praxis funktioniert das ausreichend gut, da viele Anwendungen die meiste Zeit damit verbringen, auf externe Ereignisse zu warten. Das Betriebssystem Nut/OS (siehe Tabelle) des Elektor Internet Radios [2] zeigt dies anschaulich.

Der Kontextwechsel wird mit Hilfe kurzer Assembler routines innerhalb des Betriebssystems realisiert, was die Portierung auf

eine andere CPU erschwert. Das Projekt Protothreads des schwedischen Instituts für Informatik zeigt allerdings, dass Multitasking auch mit reinem C-Code möglich ist. Nachteil: Nicht-statische, lokale Variablen verlieren beim Kontextwechsel ihren Inhalt. Ausführliche Verwendung findet das Verfahren beim Betriebssystem Contiki (siehe Tabelle).

Präemptives Multitasking erfordert mehr Aufwand, sowohl auf der Seite des Betriebssystems als auch in der Anwendung. Dabei kann der aktuell laufende Task jederzeit unterbrochen werden, sobald ein anderer Task mit höherer Priorität durch ein Ereignis aufgeweckt wird. Für den Programmierer ist jeder Task wie eine Interruptroutine zu behandeln. Wer bereits mit Interrupts programmiert hat, kennt die möglichen Fallstricke. Beim Zugriff auf globale Variablen kann es zu Fehlern kommen, falls der Programmierer keine Vorkehrungen trifft. Routinen müssen außerdem wiedereintrittsfähig sein (englisch reentrant) [3], falls sie von mehreren Tasks „gleichzeitig“ genutzt werden. Der entscheidende Vorteil des präemptiven Multitasking ist jedoch offensichtlich: Aufgaben mit hoher Priorität werden mit minimalem Zeitverlust erledigt.

Im Einzelfall hängt es von der Anwendung ab, welche Methode besser geeignet ist. Einige Betriebssysteme bieten inzwischen beide Varianten an, wie z.B. FreeRTOS und Femto OS (siehe Tabelle).

Task-Steuerung

Unabhängig davon, welche Form von Multitasking eingesetzt wird, müssen Tasks die Möglichkeit haben, sich gegenseitig zu steuern. Schließlich macht es wenig Sinn, wenn ein Ausgabetaask gestartet wird, bevor der zweite Task die dafür notwendigen Ergebnisse ermittelt hat. Ein seit langem bekanntes Verfahren verwendet

Übersicht

Die Tabelle enthält ausschließlich Betriebssysteme, die aktuell weiterentwickelt werden und mindestens einen 8-bit-Mikroprozessor unterstützen. Unter der Zielplattform sind nur die Prozessorfamilien aufgeführt, es werden aber selten alle Mitglieder einer Familie aktiv unterstützt. Bei der genannten Lizenz handelt es sich um die Hauptlizenz, die in Teilen vom Original abweichen kann.

Projekt	Zielplattformen	Lizenz	Besonderheiten	Link
BeRTOS	AVR, ARM	GPL	Viele Treiber, Grafik	www.bertos.org
ChibiOS/RT	AVR, ARM, MSP430, Coldfire, H8S, x86	GPL	Sicheres, statisches Design	http://chibios.sourceforge.net
Contiki	6502, ARM7, AVR, MSP430, Z80 u.a.	BSD	TCP/IP, 6LoWPAN, Grafik	www.sics.se/contiki
Femto OS	AVR	GPL	Sehr klein und kompakt	www.femtoos.org
FreeRTOS	ARM, AVR, MSP430, Coldfire, x86, PPC u.a.	GPL	Weite Verbreitung	www.freertos.org
FunkOS	AVR, ARM, MSP430	Sleepycat	Grafik	http://funkos.sourceforge.net
HACK-RTOS	Zilog CPUs	GPL	Kompakt, nur Assembler	www.hack-rtos.ru
Helium	HCS08, Coldfire	GPL	Kleiner Kernel	http://helium.sourceforge.net
Nano-RK	AVR	GPL	Sensornetzwerk	www.nanork.org
Nut/OS	ARM, AVR	BSD	TCP/IP, POSIX-ähnlich	www.ethernut.de
NuttX	8052, ARM, Z80 u.a.	BSD	TCP/IP, POSIX API	http://nuttx.sourceforge.net
scmRTOS	AVR, ARM, Blackfin, MSP430 u.a.	LGPL	C++	http://scmrtos.sourceforge.net/ScmRTOS
TinyOS	ARM, AVR	BSD	Sensornetzwerk, nesC	www.tinyos.net
TNKernel	ARM, PIC24, HCS08, Coldfire	BSD	ITRON API	www.tnkernel.com
YAVRTOS	AVR	LGPL	Schlichter Task-Scheduler	www.chris.obyrne.com/yavrtos

so genannte Semaphore. Im einfachsten Fall handelt es sich dabei um eine Variable, die von einem Task von Null auf Eins gesetzt werden kann. Der nächste Task, der das versucht, wird angehalten und ist erst dann wieder startbereit, wenn der erste Task die Semaphore auf Null zurücksetzt. Natürlich erfolgt der Zugriff auf die Semaphore nicht direkt, sondern über eine Betriebssystem-Routine. Die sorgt dann gegebenenfalls für den Kontextwechsel. Daneben gibt es eine Vielzahl anderer Mechanismen, die meisten davon beruhen aber auf dem gleichen Prinzip.

Beim präemptiven Multitasking ist der Bedarf an Synchronisation naturgemäß höher und der Kontextwechsel aufwendiger als beim kooperativen Verfahren. Will man sich nur kurzzeitig vor Zugriffen anderer Tasks schützen, kann man alternativ einen kritischen Bereich definieren, in dem ein Kontextwechsel unterbunden wird. Das ist vergleichbar mit dem Sperren von Interrupts bei der Programmierung ohne Betriebssystem.

Fast alle Betriebssysteme ermöglichen eine dynamische Verwaltung des Speichers. Diese erlaubt es einem Task, Speicher vom Betriebssystem auszuleihen, wenn er gebraucht wird. Anschließend wird er wieder freigegeben und kann von anderen Tasks genutzt werden. Kleine Systeme, die unter notorischer Speicherknappheit leiden, profitieren davon.

Bestimmt sind auch Ihnen schon einige Kugelschreiber oder Bücher durch Ausleihen verloren gegangen? Betriebssysteme machen mit ihrem Speicher mitunter ähnliche Erfahrungen, bevorzugt bei Anwendungen, die in C geschrieben wurden.

Nicht allein aus diesem Grund verzichten die Entwickler von ChibiOS/RT (siehe Tabelle) bewusst auf eine dynamische Speicherverwaltung. So vermeiden sie ein weiteres Problem, das unter dem Namen Speicherfragmentierung bekannt ist. Dabei wird der verfügbare Speicher nach und nach so zerstückelt, dass dem System buchstäblich die Luft ausgeht.

Ein-/Ausgabeverwaltung

Eine Ein- und Ausgabeverwaltung ist nur noch bei manchen Betriebssystemen integriert (früher gehörte diese zwingend zu einem vollwertigen Betriebssystem, während die oben genannten Funktionen im allgemeinen Sprachgebrauch den Kern – englisch Kernel – des Systems bildeten).

Bei Linux-ähnlichen Systemen übernimmt der Kernel selbst die gesamte Ein- und Ausgabe. Einfachere Betriebssysteme bieten so gut wie keine Unterstützung. Zunächst ist das kein großes Problem, wenn die Hardware relativ einfache Schnittstellen aufweist, die direkt von der Anwendung gesteuert werden können. Allerdings wird dann das Verstecken von Hardwaredetails als wichtige Aufgabe vernachlässigt. Das gilt im Übrigen nicht nur für klassische Ein-/Ausgabebefehle, sondern auch für andere hardware-abhängige Funktionen, wie das Abfragen oder Setzen von Datum und Uhrzeit. Tatsächlich ist es jedoch so, dass kaum ein Betriebssystem die von der Anwendung benutzten Ein-/Ausgabe-Befehle direkt zur Verfügung stellt, vielmehr vermittelt eine

Kompatibilität

Wer mit seiner Anwendung von einem Betriebssystem auf ein anderes umziehen will, hat es schwer: Bei den betriebssystem-spezifischen Funktionen (Starten eines Tasks, Festlegung von Prioritäten u.a.) hält sich das Streben nach Kompatibilität - vorsichtig ausgedrückt - in Grenzen. Ein späterer Wechsel auf ein anderes System wird dadurch erschwert. Betriebssysteme wie Nuttx oder TNKernel (siehe Tabelle), die sich am POSIX- bzw. ITRON-Standard [7][8] orientieren, sind bei kleinen Systemen die Ausnahme.

so genannte Laufzeitbibliothek zwischen Anwendung und Betriebssystem (**Bild 1**). Nicht selten sind diese Bibliotheken flexibel genug, um auch ohne Betriebssystemunterstützung einen großen Teil an Standardfunktionen abzudecken, zumindest die für C-Programme gültigen Standards C89 bzw. C99 [4].

Prozesse und Threads

Betriebssysteme der Oberklasse, für CPUs ab 32 bit, bieten natürlich einiges mehr. Diese basieren häufig auf einem monolithischen Kern, der die Anwendungen während der Laufzeit in den Arbeitsspeicher lädt und ausführt. Dabei können mehrere Anwendungen parallel laufen (Multiprocessing). Durch eine spezielle Hardware zur Speicherverwaltung (engl. Memory Management Unit, kurz MMU) sind Anwendungsprogramme voneinander geschützt. Versucht ein fehlerhaftes Programm auf den Speicher eines anderen Programms zuzugreifen, wird es vom Betriebssystem abgebrochen. Da der Kontextwechsel zwischen geschützten Prozessen aufwendig ist, können alternativ innerhalb eines Prozesses mehrere Tasks in sogenannten Threads quasi-parallel ablaufen. Bei diesem Multithreading teilen sich die Threads den Speicher eines Prozesses. Hier verschwimmen die Grenzen zu den bekannten PC-Betriebssystemen. Da verwundert es nicht, dass im Open-Source-Umfeld für größere Embedded-Systeme Linux der unangefochtene Marktführer ist.

Kleine Systeme haben meist keine Möglichkeit, mehrere Prozesse zu verwalten. Das Betriebssystem ist üblicherweise in Bibliotheken verpackt, die beim Erstellen mit der Anwendung zu einer einzelnen Binärdatei zusammengebaut werden. Danach wird diese Datei auf das Zielsystem geladen und als einzelner Prozess ausgeführt. Das Multitasking beschränkt sich hier auf Multithreading. Der fehlende Speicherschutz macht es einer fehlerhaften Routine leicht, das komplette System zum Absturz zu bringen.

Das bereits genannte Betriebssystem Contiki beweist, dass auch auf minimaler Hardware (8-bit-Controller) Erstaunliches möglich ist. Contiki erlaubt nicht nur, Prozesse dynamisch während der Laufzeit zu starten, sondern bietet dafür sogar eine grafische Oberfläche (**Bild 2**). Grafikdisplay und Mausanschluss sind nicht zwingend erforderlich, denn Contiki hat einen integrierten VNC-Server [5] mit TCP/IP-Unterstützung. Auf dem PC wird ein Browser gestartet, der ein Java-Applet als VNC-Client lädt, um die grafische Oberfläche des Embedded Betriebssystems darzustellen. Dort ist sogar ein Webbrowser integriert: Ein Doppelklick auf das entsprechende Icon genügt, und man kann mit seinem kleinen 8-bit-Prozessor im Internet surfen!

Entwicklungsumgebung

Um kleine Betriebssysteme optimal an die vorhandene Hardware und an die Anforderungen der Anwendung anzupassen, muss

man sie konfigurieren. Meist editiert man dazu eine entsprechend ausführlich dokumentierte Quelldatei auf dem PC und startet dann das Programm make oder etwas Ähnliches, um das System für die eigenen Zwecke neu zu erstellen. Teilweise gibt es dafür komfortable Konfigurationsprogramme, wie den Konfigurator des Nut/OS-Betriebssystems (**Bild 3**) oder die Wizards von BeRTOS und Helium (siehe Tabelle).

Leider ist nicht garantiert, dass der Compiler und Linker, die man bisher zur Firmware-Entwicklung verwendet hatte, mit dem aus-

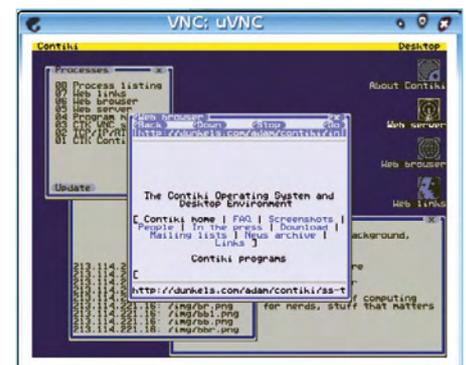


Bild 2. Contiki bietet eine grafische Oberfläche, die man per Browser vom PC aus steuern kann.

gewählten Betriebssystem harmonieren. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass die empfohlenen Entwicklungs-Tools nicht für die Betriebssystemversion des heimischen PCs verfügbar sind. So werden MacOS-Anwender immer noch zu selten berücksichtigt, sollten sich aber nicht abschrecken lassen. Am sichersten fährt man mit einer Entwicklungsumgebung, die unter Linux zur Verfügung steht. Solche Werkzeuge lassen sich erstaunlich leicht auch unter OS X aus den vorhandenen Quellpaketen erstellen. Zudem gibt es noch die Linux-Emulatoren Fink für Mac-Benutzer und Cygwin oder MingW unter Windows.

Hat man seine erste größere Anwendung erstellt, kommt die unvermeidliche Suche nach Fehlern. Diese kann trotz In-Circuit-Debugger zeitraubend sein, da jede Ände-

Weblinks

- [1] www.elektor.de/091021
- [2] www.elektor.de/071081
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Reentrant_\(subroutine\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Reentrant_(subroutine))
- [4] http://de.wikipedia.org/wiki/Standard_C_Library
- [5] http://de.wikipedia.org/wiki/Virtual_Network_Computing
- [6] www.opensource.org/licenses/alphabetical
- [7] http://de.wikipedia.org/wiki/Portable_Operating_System_Interface
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/ITRON>

zung auf das Zielsystem übertragen werden muss. Bei einer ausreichend kompatiblen Programmierschnittstelle, wie im Fall von Nuttx oder Nut/OS, kann man seine Anwendungen zuerst auf einem PC testen. Meist sind nur wenige Änderungen nötig, um sie später auf das Embedded System zu übertragen. Noch komfortabler geht das mit einem Simulator, wie er zum Beispiel für Contiki angeboten wird.

Lizenzen

Wer als Hobbyist für den Eigenbedarf programmiert, braucht in der Open-Source-Welt keinen Gedanken an Lizenzen zu verschwenden. Bei der Weitergabe an andere hat die Freiheit allerdings ihre Grenzen. Streng ist die weit verbreitete GNU General Public License (kurz GPL) [6]. Wenn eine Bibliothek unter der Lizenz GPL steht, muss eine Anwendung, die diese Bibliothek nutzt, ebenfalls als Quellcode veröffentlicht werden. Allerdings räumt die GPL die Möglichkeit ein, der Originallizenz Ausnahmen hinzuzufügen. Für Software im Embedded-Bereich sind solche Ausnahmen eher die Regel – und so lassen sich auch Eval-Kits mit Open Source Betriebssystemen wie FreeRTOS verkaufen (**Bild 4**).

Bei der LGPL (Lesser General Public License) kann die Anwendung, die eine entsprechende Bibliothek verwendet, closed source bleiben, lediglich Veränderungen an der Bibliothek selbst müssen offen gelegt werden.

Relativ unkritisch ist die BSD-Lizenz (kurz BSD), welche lediglich verlangt, die Copyright-Vermerke bei der Weitergabe zu erhalten.

Das Lesen und Verstehen der Lizenz-Klauseln ist in jedem Fall mühsam. Planen Sie ausreichend Zeit für das Studium dieser Texte ein, bevor Sie sich für ein System entscheiden!
(091035)

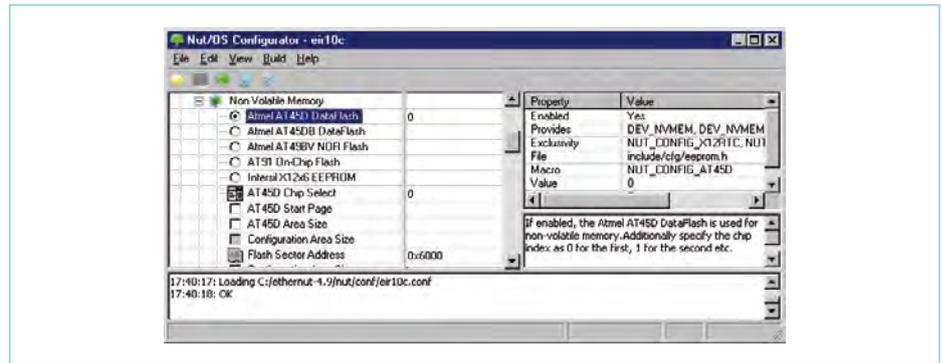


Bild 3. Komfortable Konfiguration des Betriebssystems Nut/OS.

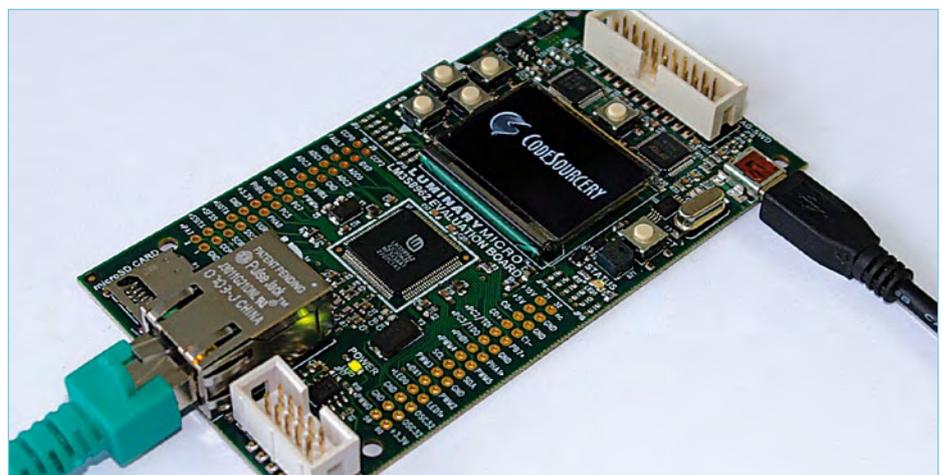


Bild 4. Für das LM3S8962 Ethernet Evaluation Kit der Firma Luminary wird (neben kommerziellen Betriebssystemen) auch FreeRTOS angeboten, das unter der GPL steht.

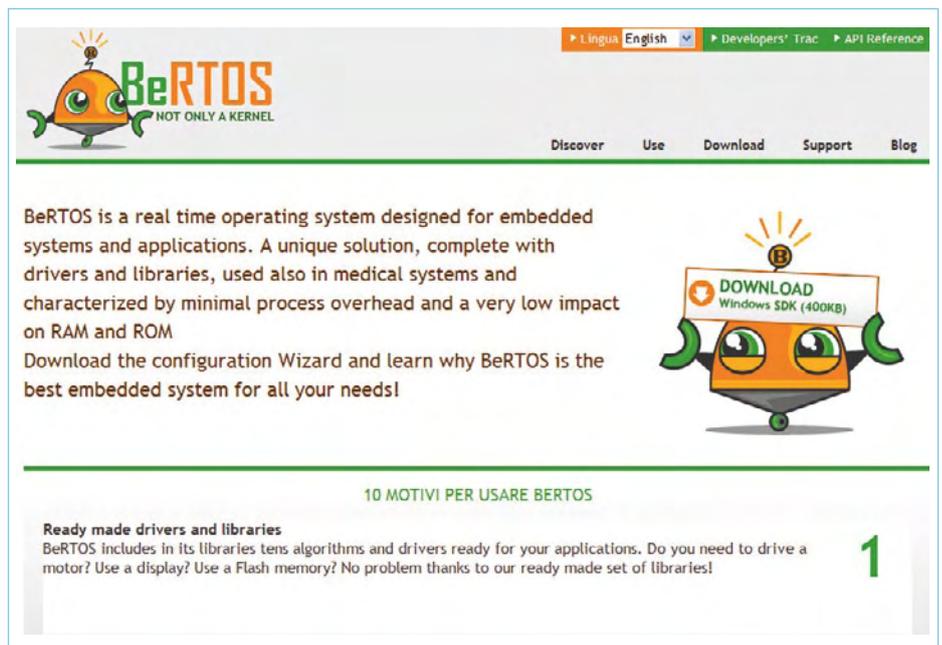
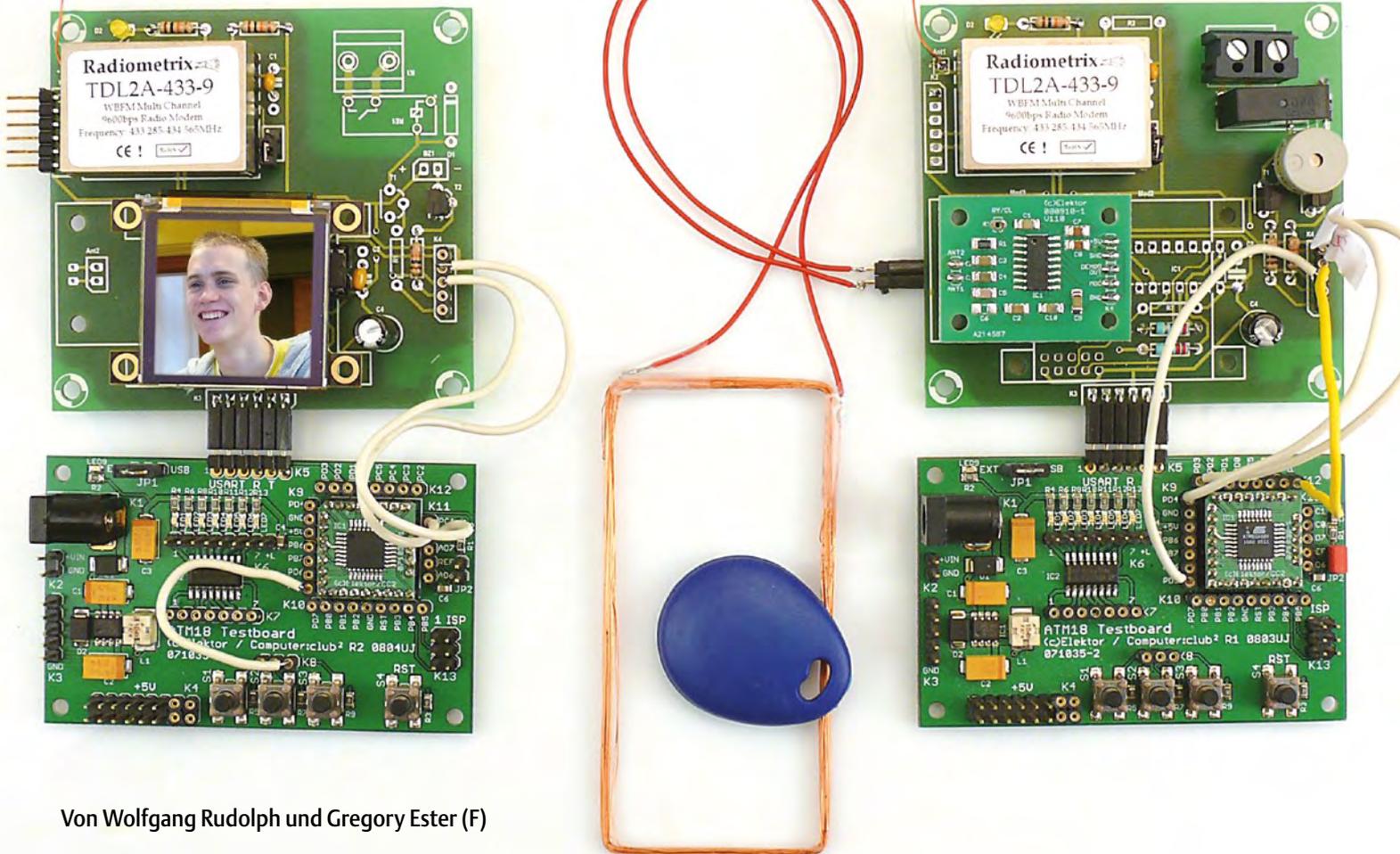


Bild 5. Auf der Homepage der Betriebssystem-Projekte (hier BeRTOS) findet man alle Downloads, Tipps & Tricks sowie News.

VisiOLED

OLED-Farbdisplay mit Funk und RFID am ATM18



Von Wolfgang Rudolph und Gregory Ester (F)

Eine interessante Hardware-Kombination – aber was macht man damit? VisiOLED ist eine Funk-Türklingel mit Funk-Türöffner, RFID-Identifikation und Visualisierung mittels OLED-Display, und das Ganze auch noch als CC2-Projekt mit dem ATM18-Board. Alles klar?

Falls noch nicht ganz, verschafft das Blockschema in **Bild 1** einen Überblick. Sowohl die Außenstelle (an der Pforte) als auch die Innenstelle (in der Wohnung) bestehen aus den gleichen Platinen: Dem VisiOLED-Transceiver und dem ATM18-Testboard. Unterschiedlich ist nur die Beschaltung. An die Transceiverplatine der Außenstelle („Outdoor“) wird ein RFID-Reader und ein Türöffner angeschlossen, während die Innenstelle („Indoor“) mit einem OLED-Display verbunden ist. Outdoor- und Indoor-Unit sind über

einen bidirektionalen 433-MHz-Funk-Datenlink miteinander verbunden.

Der elektronische Pförtner

Die Software in den Mikrocontrollern der ATM18-Boards ermöglicht dann folgende Funktionalität:

Besucher können sich an der Haustür mit einem preiswerten RFID melden. Die ausgelesenen RFID-Daten werden per Funkverbindung an die Innenstelle übermittelt. Wird das Besucher-RFID erkannt, erscheint

auf dem OLED-Display zur Bestätigung ein Bild des Besuchers. Mittels eines Tasters des ATM18-Boards der Innenstelle kann man dem Besucher nun die Türe (oder das Tor) funkferngesteuert öffnen. Bei der Kommunikation zwischen den beiden Stationen ist die Indoor-Unit der „Master“ und die Outdoor-Unit der „Slave“. Da der Quellcode des Projekts wie immer offen ist, eignet sich VisiOLED auch sehr gut als Basis für eigene Entwicklungen mit OLED, Funk und RFID. Neben dem ATM18-Board stammt auch der

RFID-Reader aus dem „CC2-Fundus“. Wir haben ihn im CC2-Artikel „Fit mit RFID“ [1] im Mai-Heft 2009 veröffentlicht. Die Übertragung der ausgelesenen Daten erfolgt mittels eines Data Link Transceivers TDL2A 433-9 (siehe Textkasten). Auf der Empfängerseite wird die RFID-Nummer mit den gespeicherten IDs verglichen. Bei Übereinstimmung erfolgt eine akustische Bestätigung durch ein Summer-Signal. Gleichzeitig wird aus der Speicherkarte des OLED-Moduls das zugehörige Bild herausgesucht und auf dem OLED-Display angezeigt.

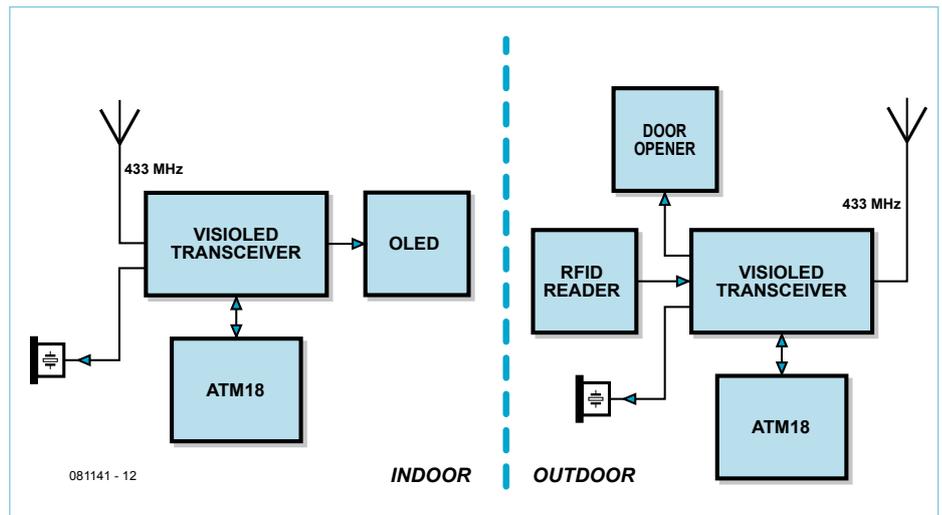


Bild 1. Blockschaltbild einer VisiOLED-Installation. Die Outdoor-Unit befindet sich am Hauseingang, die Indoor-Unit an beliebiger Stelle im Haus.

Platinen

Für den Aufbau der beiden Stationen wird jeweils ein ATM18-Testboard und eine Transceiver-Platine (Bild 2) benötigt. Die Bestückung der Platine ist für die Außenseite und die Innenseite unterschiedlich, weshalb auch zwei verschiedene Stücklisten angegeben sind.

Die Schaltung der Transceiver-Platine ist in Bild 3 zu sehen. Sie sorgt für die Verbindungen zwischen dem ATM18-Testboard und den übrigen Komponenten. Sowohl für die Indoor- wie für die Outdoor-Unit werden das Transceivermodul (Mod1), der Summer (T2 mit BZ1) und der Anschluss für das FTDI-Kabel (K2) benötigt. Nur bei der Outdoor-Unit gebraucht wird das Relais für den Türöffner (T1 mit RE1) und die an Mod3 angeschlossene RFID-Readerplatine mit der an Ant2 angeschlossenen Antennenspule.

Nur bei der Indoor-Unit werden gebraucht: Das an Mod2 angeschlossene OLED-Modul (siehe separater Textkasten) und der Multiplexer 74HC4053 (IC1). Letzterer wird benötigt, um die seriellen Signale (TXD und RXD) vom ATM18-Board zwischen Transceiver- und Display-Modul umzuschalten. R2 und R7 sind Pull-up-Widerstände, um die Pegel an den jeweils offenen Eingängen des Display- und Transceivermoduls festzulegen. R5 und R6 schützen den 4053, wenn an K2 das FTDI-Kabel zum Programmieren des Transceivers angeschlossen ist.

Aufbau

Die beiden Transceiver-Platinen werden wie in der jeweiligen Stückliste angegeben bestückt und sorgfältig kontrolliert. Bei der Platine der Türstation darf man auf keinen Fall die Drahtbrücken vergessen, die von R5

und R6 zu den Pins 5 und 4 von K3 führen. Diese Verbindungen sind im Bestückungsaufdruck der Platine (siehe Bild 2) als weiße Linien und im Schaltplan (Bild 3) als gestrichelte Linien eingezeichnet.

Die ATM18-Platine wird mit der Transceiver-Platine einfach durch Zusammenstecken verbunden (K5 von ATM18 mit K3 der Transceiverplatine). Damit die Transceiverplatine über diese Verbindung auch die 5-V-Betriebsspannung erhält, müssen am ATM18-Board alle drei Pins von JP1 miteinander verbun-

den werden. Das ATM-18-Board selbst wird mit einem Steckernetzteil an K1 betrieben. Alle erforderlichen Verbindungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Die beiden ATmega88-Controller auf den ATM18-Platinen müssen vor der Verwendung mit der jeweiligen Software programmiert (geflasht) werden. Wie immer ist die Software im kostenlosen Download [2] zu diesem Artikel enthalten. In der Software wird die Türstation als Slave und die Indoor-Station als Master bezeichnet. Das

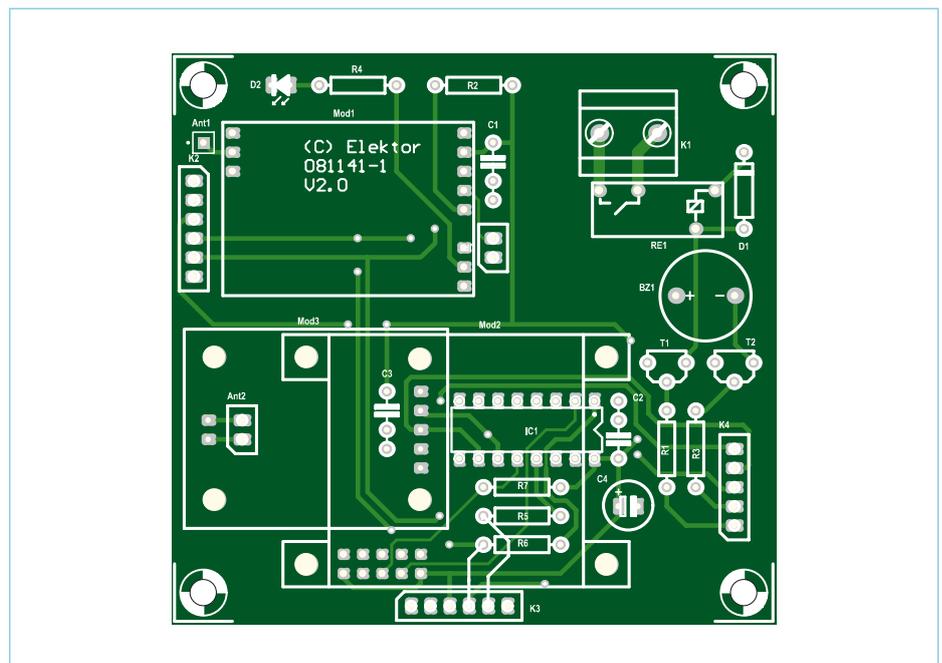


Bild 2. Die Transceiver-Platine wird zusammen mit einem ATM18-Testboard sowohl für die Outdoor- als auch für die Indoor-Unit verwendet. Die Bestückung ist aber unterschiedlich.

Erforderlich für	Verbindung
Outdoor- und Indoor-Unit	JP1: Pin 1 mit Pin2 und Pin 3 (ATM18-Board)
Outdoor- und Indoor-Unit	12-V-Steckernetzteil mit K1 (ATM18-Board)
Outdoor- und Indoor-Unit	K5 (ATM18) mit K3 (Transceiverplatine)
Outdoor- und Indoor-Unit	17-cm-Drahtantenne an Ant1 (Transceiverplatine)
Outdoor-Unit / RFID-Antenne	Antennenspule an Ant2 (Transceiverplatine)
Outdoor-Unit / Relais (RE)	K4/Pin1 (Transceiverplatine) mit PC2 (ATM18)
Outdoor-Unit / Summer (BUZ)	K4/Pin2 (Transceiverplatine) mit PC1 (ATM18)
Outdoor-Unit / RFID (SHD)	K4/Pin3 (Transceiverplatine) mit PD5 (ATM18)
Outdoor-Unit / RFID (DEMOD OUT)	K4/Pin4 (Transceiverplatine) mit PD3 (ATM18)
Outdoor-Unit / RFID (MOD)	K4/Pin5 (Transceiverplatine) mit PD4 (ATM18)
Outdoor-Unit / TXD	Drahtbrücke von R5 nach K3/Pin 5 (Transceiverplatine)
Outdoor-Unit / RXD	Drahtbrücke von R6 nach K3/Pin 4 (Transceiverplatine)
Indoor-Unit / IC1 (S1)	K4/Pin3 (Transceiverplatine) mit PC0 (ATM18)
Indoor-Unit / IC1 (S2)	K4/Pin4 (Transceiverplatine) mit PC1 (ATM18)
Indoor-Unit / Taster S3	K8/Pin3 (ATM18) mit PD5 (ATM18)

Programm für den Slave ist in BASCOM und die Master-Software in C geschrieben. Die Master-Software muss man aber selbst

mit den Adressen der zu erkennenden RFIDs und den Adressen der Bilder anpassen, die den empfangenen RFID-IDs zugeordnet

werden sollen. Dazu ist im Software-Download eine Anleitung nebst Screendumps enthalten. Wie man die Bilder auf der SD-Karte

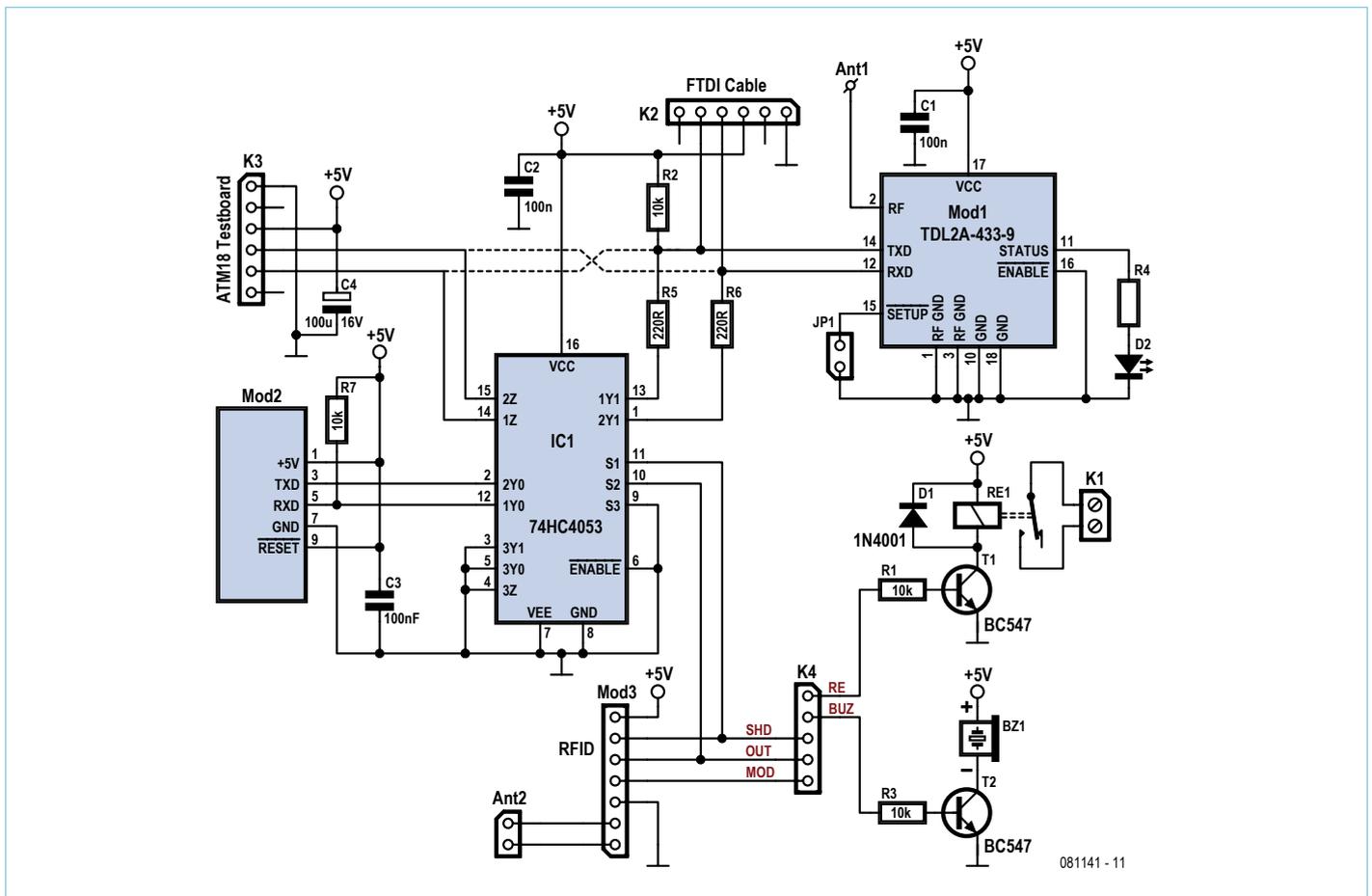


Bild 3. Die Schaltung der Transceiver-Platine hat im Wesentlichen die Aufgabe, die Verbindungen zwischen den Modulen (Funk, RFID, OLED) und dem ATM18-Board herzustellen.

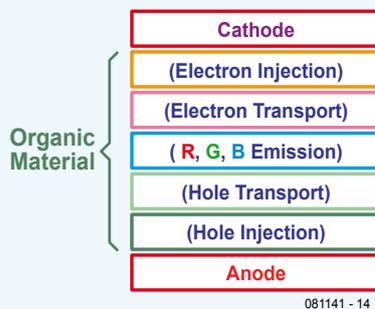
OLED – die Zukunft der Lichterzeugung

In der Natur gibt es viele Beispiele für Lumineszenzeffekte. Sehr bekannt ist der des Glühwürmchens, das eigentlich ein Käfer ist. Sein gelblich schimmerndes Licht kann es wie eine (O-)LED ein- und ausschalten – auch wenn es nicht elektrisch, sondern (bio-)chemisch funktioniert – und das mit einem Wirkungsgrad von bis zu 95 %!

Erste Veröffentlichungen über die Elektrolumineszenz in organischen Materialien stammen aus dem Jahr 1953. Nach der Entdeckung, dass einige natürliche Polymere Halbleitereigenschaften haben, wurden Verfahren entwickelt, solche so genannte konjugierte Polymere künstlich herzustellen. Halbleiter und andere elektrische Bauteile sind damit nicht mehr nur auf Kristallstrukturen angewiesen, sie können auch aus Kunststoffen gefertigt werden.

Der Leuchteffekt konjugierter Polymere ist hier die Parallele zur Lichtemission der seit Jahrzehnten genutzten Leuchtdioden. Die wirkliche Entwicklung des Elektrolumineszenz-Displays begann aber erst 1987, als Kodak und kurz darauf Pioneer in diese Technologie investierten.

Die OLED-Technologie steht mittlerweile auf breiter Basis vor dem kommerziellen Durchbruch. Eine Studie des US-Marktforschungsunternehmens DisplaySearch sagt voraus, dass der Umsatz mit OLED-Displays von 500 Mio. US\$ im Jahr 2004 auf 7 Mrd. US\$ im Jahr 2016 steigen wird.



OLED-Herstellung

OLED-Displays haben eine einfache Struktur mit einem oder mehreren organischen Filmen zwischen zwei Elektroden. Die typische Dicke der Filme liegt bei 100-200 nm. Dabei werden zwei Arten organischer Materialien eingesetzt: Langkettige Polymere, die aus einer Lösung verarbeitet werden und kleine Moleküle, die im Vakuum thermisch aufgedampft werden.

Die aus einer Lösung verarbeiteten Filme für so genannte Passivmatrix-Displays erhält man durch Aufschleudern, Tintenstrahldruck oder andere Film bildende Verfahren. Der lichterzeugende Mechanismus dieser „Polymer-OLEDs“ ist hauptsächlich Fluoreszenz. Dem gegenüber kann das Leuchten von OLEDs mit kleinen Molekülen („small molecule OLEDs“) auch auf Phosphoreszenz beruhen. Bei Spannungen von 3 bis 10 V werden Elektronen in den Film injiziert, und zwar von einem Kathodenmaterial mit niedriger Austrittsarbeit. Dafür geeignet sind Metalle wie Barium oder Kalzium und auch bestimmte Fluoride. Gleichzeitig werden Löcher (positive Ladungen) von einer transparenten Anode (wie Indiumzinnoxid, ITO) mit hoher Austrittsarbeit in das organische Material injiziert.

LCD versus OLED

Die Vorteile im Vergleich zu LCDs ergeben sich durch dieses Funktionsprinzip. Die Flüssigkristalle der LCDs wirken wie eine Jalousie, die das Licht der Hintergrundbeleuchtung für den Betrachter ein- und ausschaltet. OLED-Displays benötigen keine Hintergrundbeleuchtung, da sie aus sich selbst leuchten. Ein Bildpunkt wird beim LCD-Display durch Abschattung dunkel gesteuert. Bei einem OLED-Display wird er einfach ausgeschaltet und braucht dann auch keinen Strom mehr. Ein OLED-Display ist daher viel energieeffizienter als ein voll hinterleuchtetes LCD-Display, vor allem, wenn wie häufig bei Filmen eher dunkle Bilder überwiegen. Außerdem sind OLEDs kontraststärker, sie erreichen Kontrastwerte von bis zu 1.000.000 zu 1. Da auf die Hintergrundbeleuchtung verzichtet werden kann, sind sie auch sehr dünn. Die Umwelt profitiert nicht nur vom geringen Stromverbrauch, sondern auch vom geringen Materialeinsatz. Die hauchdünnen Funktionsschichten enthalten keine umweltschädlichen Substanzen.

Es gibt auch Nachteile

Die verwendeten Materialien sind extrem empfindlich gegenüber Feuchtigkeit und Sauerstoff und müssen daher mit Glasabdeckungen geschützt werden. Auch strahlen nicht alle Farben mit der gleichen Effizienz, was den Stromverbrauch in die Höhe treibt, die Lebensdauer verkürzt und damit den breiten Einsatz vollfarbiger Großdisplays noch schwierig machen. Ein Problem ist derzeit noch die Lebensdauer der OLEDs, die an die herkömmlicher Leuchtdioden nicht heranreicht. Aber das ist relativ zu sehen. Sony gibt für den ersten OLED-Fernseher 30.000 Betriebsstunden bis zur Halbierung der Helligkeit an, was bei vier Stunden täglich etwa 20 Jahren entspricht.

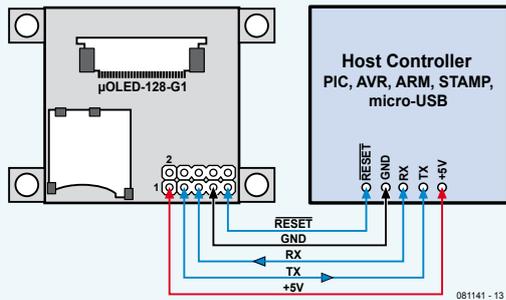
des OLED-Moduls speichern kann, wird im Datenblatt des OLED-Displays ausführlich erklärt. Alles, was man dazu braucht, ist ein SD-Karten-Adapter am PC/Notebook und ein Programm, das man ebenso wie das Datenblatt von der Website des OLED-Modulherstellers [3] kostenlos herunterladen kann.

Über den Anschluss K2 und ein Seriell-USB-Kabel („FTDI-Kabel“) 080213-71 [4] ist es möglich, die Transceiver-Module von Radiometrix vor der Inbetriebnahme zu konfigurieren. Diese Programmierung wird notwendig, wenn zum Beispiel eine größere Anzahl dieser Transceiver-Systeme in der gleichen Umgebung verwendet werden sollen. Da

das normalerweise nicht der Fall sein dürfte, kann man es bei den Standardeinstellungen belassen. Damit funktioniert alles prima und es ist keine Programmierung erforderlich. Sollte es aber einmal erforderlich sein, so kann man über das FTDI-Kabel vom PC aus die Module auf unterschiedliche IDs und/oder Kanäle einstellen. Eine Beschreibung

μOLED-128-G1

Dieses kompakte und kostengünstige OLED-Display-Modul verwendet Passivmatrix-Technik. Dank des eingebetteten Grafik-Controllers bietet das Modul „Stand-alone-Funktionalität“. Es stehen zwei verschiedene Software-Plattformen zur Verfügung: Die Serial-Command-Plattform (SGC) oder die 4D Graphics Language-Plattform (4DGL).



Das von uns verwendete SGC-Modul lässt sich als Slave-Gerät an einen Host betreiben (siehe Anschlussbild).

Das Protokoll über die serielle Schnittstelle ist recht einfach, die seriellen Befehle bestehen aus einem oder aus mehreren Bytes.

Eigenschaften μOLED-128-G1

- Auflösung 128 x 128 Pixel
- 256/65 k Farben,
- 1,5 Zoll Diagonale, 45,5 x 33,5 x 6,3 mm
- Aktive Fläche: 27 mm x 27 mm,
- Blickwinkel fast 180°,
- Einfache 5-polige Schnittstelle
- Betriebsspannung 3,6 bis 6,0 V
- Stromaufnahme typ. 40 mA bei 5 V
- RS-232 (0/3,3 V) mit Auto-Baud-Funktion (300 bis 256 kBd),
- Zwei Software-Versionen: Serial Command-Plattform oder 4D Graphics Language

Stückliste

Transceiverplatine o81141-1 mit RFID (Outdoor)

Widerstände:

R1, R3 = 10 k
R4 = 1 k

Kondensatoren:

C1, C3 = 100 n
C4 = 100 μ/25 V radial

Halbleiter:

D1 = 1N4001
T1, T2 = BC547B
D2 = LED rot, Low current, 3 mm

Außerdem:

Re1 = 5-V-Relais, Schließer 250 V AC/5 A (z.B. Omron G6D-1A-ASI 5DC)
Bz1 = 5-V-Piezo-Summer (z.B. Megacera CPM121A0A)
Mod1 = 433-MHz-Daten-Transceiver TDL2A-433-9 (Radiometrix)
Mod3 = RFID-Modul 080910-91 (Elektor-Shop,

www.elektor.de/080910)

Ant1 = Drahtantenne, Länge 17 cm
Ant2 = RFID-Antennenspule (160 Wdg, 0,2-mm-CuL, Durchmesser ca. 23 mm, ca. 780 μH)
JP1 = 2-polige Stiftleiste mit Jumper
K1 = 2-polige Platinenanschlussklemme, RM 7,5 mm
K2, K3 = 6-polige Stiftleiste
K4 = 5-polige Stiftleiste
Platine EPS 081141-1 (Elektor-Shop, www.elektor.de/081141)
ATM18-Testboard 071035-92 mit Controllermodul -91 (Elektor-Shop, www.elektor.de/071035)

Kondensatoren:

C1, C2, C3 = 100 n
C4 = 100 μ/25 V

Halbleiter:

T2 = BC547B
D2 = LED rot, Low current, 3 mm
IC1 = 74HC4053

Außerdem:

Bz1 = 5-V-Piezo-Summer (z.B. Megacera CPM121A0A)
Mod1 = 433-MHz-Daten-Transceiver TDL2A-433-9 (Radiometrix)
Mod2 = OLED-Display-Modul μOLED-128-G1 (SGC) (4D Systems)
Ant1 = Drahtantenne, Länge 17 cm
JP1 = 2-polige Stiftleiste mit Jumper
K2, K3 = 6-polige Stiftleiste
K4 = 5-polige Stiftleiste
Platine EPS 081141-1 (Elektor-Shop, www.elektor.de/081141)
ATM18-Testboard 071035-92 mit Controllermodul -91 (Elektor-Shop, www.elektor.de/071035)

Transceiverplatine o81141-1 mit OLED (Indoor)

Widerstände:

R2, R3, R7 = 10 k
R4 = 1 k 5%
R5, R6 = 220 Ω

Transceivermodul TDL2A 433-9

Der TDL2A ist ein 9600-Baud-Halbduplex-Multichannel-Funkmodul für den Betrieb im europäischen 433-MHz-ISM-Band, das wie ein transparentes serielles Kabel funktioniert. Es verfügt über eine automatische Synchronisation, Bitbalancing und Fehlerprüfung mit einer automatischen Störunterdrückung und Squelch bei Abwesenheit eines HF-Signals.

Ein TDL2A kann auf acht unterschiedliche Adressen eingestellt werden. Weiterhin ermöglicht der TDL2A den Betrieb auf einer von fünf vorprogrammierten Frequenzen im 433-MHz-Band. Diese Frequenzen sind nicht überlappend und ermöglichen den gleichzeiti-

gen Betrieb von mehreren TDL2A-Modulen.

Eigenschaften TDL2A 433-9

- Default-Betriebsfrequenz: 433,925 MHz
- Modulation: 16 kbps Pi-phase-FSK
- Stromversorgung: 5 V, 28 mA (Senden), 22 mA (Empfangen)
- Sendeleistung: +10 dBm (10 mW)
- Empfindlichkeit: -107 dBm (für 1% BER)
- Nachbarkanalunterdrückung: 65 dB@±320 kHz
- Receiver-Blocking: 84 dB
- 32-Byte-Datenbuffer

dieser Einstellungen findet man auf der Seite 6 des Radiometrix-Datenblatts [5]. Sowohl bei der Anwendung des OLED-Moduls von 4D-Systems als auch beim Radiometrix-Funkmodul war die Unterstützung durch Lextronic [6] (den französischen Distributor für diese Komponenten) sehr hilfreich.

Anwendung

Die Funktionen von VisiOLED wurden eingangs schon beschrieben. Die Kommunikation zwischen Slave und Master verläuft dabei nach einem ganz einfachen Protokoll.

Wenn der Slave ein RFID ausgelesen hat, sendet er den ID-Code zum Master und schaltet seinen Transceiver auf Empfang (Listen-Modus).

Der Master empfängt die ausgelesene ID und sucht in seiner ID-Liste nach Übereinstimmung. Wird die ID erkannt, zeigt er das für diese ID gespeicherte Bild auf dem OLED-Display und schaltet seinen Summer ein („Türklingel-Signal“). Gleichzeitig sendet der Master ein ASCII-Zeichen (den Großbuchstaben „A“) zum Slave, worauf dieser dem wartenden Besucher mit einem Summertönen bestätigt, dass das RFID erkannt wurde.

Drückt man jetzt den Taster S3 auf dem ATM18-Board des Masters, so wird ein weiteres ASCII-Zeichen (der Großbuchstabe „B“) zum Slave gesandt. Die Slave-Software aktiviert nach dem Empfang dieses Zeichens den Summer und das Türöffner-Relais RE1 für die Dauer von 20 Sekunden. Danach geht der Slave wieder in den Listen-Modus. Das ist auch schon alles. Die Software wurde bewusst ganz einfach gehalten, um Raum für Erweiterungen zu lassen. Böse Menschen mit technischen Kenntnissen sollten das natürlich nicht wissen, weil sie dann auf die Idee kommen könnten, an Hand dieses Artikels einen „Master“ zur unbefugten Türöffnung zu bauen. Dem können Sie natürlich vorbeugen, indem Sie die Software etwas anpassen und für die Türöffnung einen etwas intelligenteren Code als den schlichten Buchstaben „B“ verwenden. Zusätzlich kann man den Slave durch Abschalten vor (Funk-)Hacker-Attacken schützen, wenn man nicht zu Hause ist.

Da nur das RFID und nicht der tatsäch-

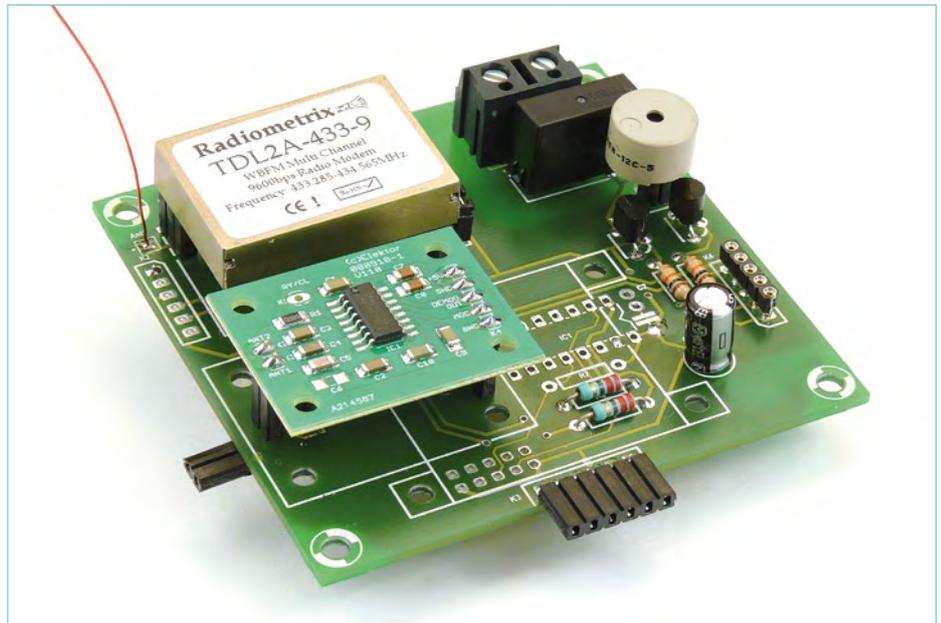


Bild 4. Die mit Funk- und RFID-Modul bestückte Transceiver-Platine für die Outdoor-Unit.

liche Besucher identifiziert wird, ist kein Schutz vor missbräuchlicher Verwendung von gestohlenen oder geklonten RFIDs gegeben.

Den Vorteil der drahtlosen Verbindung kann man übrigens auch dazu nutzen, für einen Slave mehrere Master einzusetzen, um von verschiedenen Räumen aus die Tür öffnen zu können.

(081141)

Links:

- [1] www.elektor.de/080910
- [2] www.elektor.de/081141
- [3] www.4dsystems.com.au/prod.php?id=78
- [4] www.elektor.de/080213
- [5] www.radiometrix.co.uk/dsheets/tdl2a.pdf
- [6] www.lextronic.fr

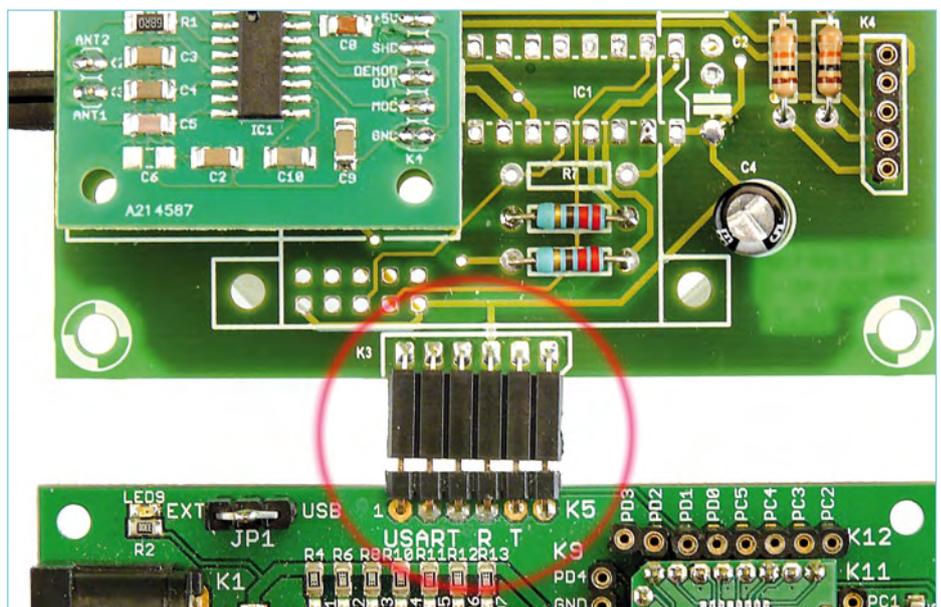


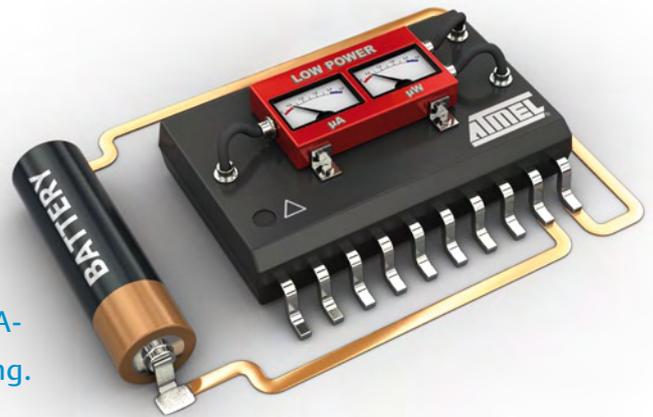
Bild 5. Die Transceiverplatine wird als Erweiterung an das ATM18-Board gesteckt.

Jedes Mikrojoule zählt

Low-Power-Design bei AVR-Schaltungen

Von Andreas Riedenauer (D)

Dieser Beitrag hilft Ihnen bei der energiesparenden Auslegung von Entwicklungen mit AVR-Mikrocontrollern - bis hin zur Einsparung einzelner Mikroampere. Wichtig ist das beim Betrieb der Schaltungen aus Batterien, Goldcaps, Solarzellen, 20-mA-Schnittstellen oder beim so genannten Energy Harvesting.



Nicht zu vergessen ist im Zusammenhang mit Low-Power-Design auch der Verbrauch von Geräten im Stand-by-Modus. Alleine in Deutschland verschlingt er die Leistung von zwei AKWs – und das ist doch etwas (zu) viel, oder?

Das Energiesparen beginnt beim Schaltungsdesign, das wir hier am Beispiel der auch in Elektor-Projekten recht populären AVR-Controller betrachten. AVRs gehören ohnehin zu den sparsamsten Mikrocontrollern, sowohl absolut betrachtet, als auch bezogen auf die Rechenleistung. Die Basis dafür bilden das statische CMOS-Design, die Harvard-Struktur in Verbindung mit einem effizienten RISC-ähnlichen Befehlssatz und diverse Tricks wie etwa das „Flash-Sampling“. Dabei wird der Programmspeicher nur während der Zugriffsphase mit Strom versorgt.

Als erste Lektüre zum Thema seien die Application Notes AVR040 [1] und AVR042 [2] empfohlen. Hier finden Sie wichtige Hinweise zum Hardware Design – nicht nur in punkto Energieverbrauch! Speziell zum Stromsparen geben Ihnen die nun folgenden Abschnitte konkrete Tipps und Anregungen.

Externe Bauteile

LEDs sollten High-Efficiency-Typen sein und nur kurz blinken. Bistabile Relais benötigen nur während des Umschaltens kurze Stromimpulse. Bei Standardrelais lässt sich mittels PWM zumindest der Haltestrom nach dem Umschalten absenken.

Piezo-Signalgeber sind sparsamer als dynamische, vor allem, wenn man sie bei ihrer Eigenfrequenz betreibt.

Controller-Auswahl

Innerhalb der AVR-Familie variiert die Ausstattung mit Stromsparfeatures. Wählen Sie wenn möglich eine Pico-Power-Ausführung und davon wiederum die neuen A-Typen, die nochmals um zirka 10 bis 60 % sparsamer sind. Also zum Beispiel den ATmega88PA anstelle des ATmega88P oder ATmega88. XMEGAs sind grundsätzlich mit den sparsamsten Techniken ausgestattet.

I/O-Ports

Unbenutzte I/O-Pins sollte man als Eingänge konfigurieren. Alle digitalen Port-Eingänge (auch die nicht benutzten) müssen auf einem

eindeutigen Logikpegel liegen - entweder aufgrund ihrer externen Beschaltung oder durch Aktivierung der internen Pull-Up-Widerstände. Diese sind im RESET-Zustand jedoch noch nicht aktiviert! Um auch hier den Stromverbrauch zu minimieren, sind externe Pull-Ups erforderlich. XMEGAs haben übrigens auch Pull-Down-Widerstände integriert.

Taktversorgung

Bei CMOS-Stufen ist die Stromaufnahme ungefähr proportional zur Taktfrequenz. Man wählt diese bei Dauerbetrieb also nur so hoch, dass die benötigte Rechenleistung zuverlässig erreicht wird. Was aber, wenn einerseits gar kein Dauerbetrieb erforderlich ist, andererseits aber zeitweise eine schnelle Abarbeitung benötigt wird? Dann bieten sich die verschiedenen Sleep-Modi an. Die CPU wird hierbei die meiste Zeit vom Systemtakt getrennt (oder dieser wird ganz abgeschaltet), bei Bedarf geweckt und nach vollbrachter Aufgabe wieder schlafen gelegt.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht zu den verschiedenen Sleep Modi. Bei allen ist ein Aufwecken der CPU durch externen Interrupt, Reset, TWI (I2C) Adress Match und Watchdog (falls aktiviert) möglich. Steht ein externes Wecksignal wie Tastendruck oder Schnittstellen-Signal zur Verfügung, kann der AVR in den Power-Down-Mode versetzt werden. Das ist mit 0,1 μA der sparsamste Sleep-Modus. Soll der Controller von selbst wieder aufwachen, muss der Real Time Counter (RTC) aktiv sein. In diesem Power-Save-Mode nimmt ein Pico-Power-AVR mit weniger als 1 μA nur etwa ein Zehntel des Stromes eines Standard-AVRs auf. Solche Angaben sind aber „typical values“ und streuen daher. Auch beziehen sie sich nur auf eine Temperatur von 25 °C.

Beim Intervallbetrieb mit langen Sleep-Pausen und kurzen aktiven Phasen ist es nicht gleichgültig, ob die aktiven Phasen schnell getaktet und kurz oder langsamer getaktet und dafür länger sind: Kurze, schnelle aktive Phasen sind etwas günstiger. Hier setzt aber die Betriebsspannung Grenzen, und die internen RC-Oszillatoren können ohnehin nur die halbe Maximalfrequenz erzeugen (Ausnahme: XMEGA). Externe RC-Kombinationen ermöglichen auch höhere Frequenzen.

Ist zum Beispiel durch die Baudrate des UART ein festes aktives Zeitfenster vorgegeben, kann man zeitweise den Takt auf das gerade

Tabelle 1. Sleep Modi								
Sleep-Modus	Main Clock	RTC	Wakeup	SPM/EEPROM Ready Wakeup	ADC Complete Wakeup	RTC Wakeup	Andere Interrupt Wakeups	Anmerkungen
Idle	Ein	Ein	Schnell	Ja	Ja	Ja	Ja	
ADC Noise Reduction	Ein	Ein	Schnell	Ja	Ja	Ja	Nein	Wie Idle, aber weniger Module aktiv
Power Down	Aus	Aus	Langsam	Nein	Nein	Ja	Nein	Nur externes Wecken
Power Save	Aus	Ein	Langsam	Nein	Nein	Nein	Nein	Wie Power Down, aber Selbstwecken möglich
Standby	Ein	Aus	Schnell	Nein	Nein	Nein	Nein	Wie Power Down, aber Mainclock an
Extended Standby	Ein	Ein	Schnell	Nein	Nein	Nein	Nein	Wie Power Save, aber Mainclock an

erforderliche Maß absenken. Für Berechnungen wird man dann wieder auf den höheren Takt umschalten. Dabei ist es (wenn möglich) günstiger, zwischen geeigneten Taktquellen umzuschalten, als nur den Teilerfaktor des Prescalers zu variieren. Grundsätzlich sollte man höhere Frequenzen als maximal benötigt erst gar nicht erzeugen. Hier sind XMEGAs besonders flexibel. Werden beispielsweise bei einem XMEGA 16 MHz benötigt, ist es besser, diese Frequenz mittels 2-MHz-RC-Oszillator und PLL zu erzeugen und nicht via 32-MHz-RC-Oszillator und Herunterteilung. Benötigen CPU und Peripheriekomponenten verschiedene Takte, sollte der Haupttakt, aus dem diese erzeugt werden, so langsam wie möglich sein (siehe AppNote AVR2010 [3]).

Taktoszillatoren

Auch die Art der Taktquelle spielt eine Rolle, nämlich hinsichtlich Stromaufnahme, Einschwingzeit und Stabilität. Bei Nutzung der Sleep-Modi und begrenzten Anforderungen an Genauigkeit und Frequenzstabilität ist der interne RC-Oszillator zu wählen. Er spart nicht nur den erschütterungsempfindlichen Quarz sowie Platz auf der Platine, sondern auch Zeit beim Anschwingen und damit Energie: Ein Quarz benötigt über 15.000 Schwingungen, bis er sauber oszilliert, ein RC-Oszillator nur sechs! Dazwischen liegen mit 200 bis 1000 Schwingungen die Keramikresonatoren. Deren Genauigkeit reicht für eine asynchrone serielle Schnittstelle, nicht aber für eine Uhr. Neuere AVR's verfügen über einen Temperatursen-

sor, der es ermöglicht, die Kalibrierung des RC-Oszillators im Register OSCCAL der Temperatur nachzuführen. Die so erzielbaren 1-2% Abweichung reichen für einen UART. Bequemer sind auch hier die XMEGAs mit ihrem über den kompletten Spannungs- und Temperatur-Bereich auf 1% kalibrierten 32-kHz-RC-Oszillator.

Wird Quarzgenauigkeit gefordert, kann durch Konfiguration der CKSEL-Fuses auf „Low Power Crystal Oscillator“ gegenüber dem „Full Swing Crystal Oscillator“ Energie gespart werden, was allerdings auf Kosten der EMC-Festigkeit geht. In den seltenen Fällen, in denen eine externe Taktquelle permanent zur Verfügung steht, wird diese die sparsamste Lösung sein. Eine Übersicht zu den verschiedenen Oszillortypen findet man in **Tabelle 2**.

Betriebsspannung

Die Stromaufnahme ist annähernd proportional zur Betriebsspannung. Die minimale Betriebsspannung der meisten modernen AVR's beträgt 1,8 V, die der XMEGAs 1,62 V. Je niedriger U_B , desto niedriger ist allerdings auch die maximal zulässige Taktfrequenz. ATtiny23U/43U enthalten einen Aufwärtswandler, der den Betrieb an nur einer Batteriezelle erlaubt. Ein sicheres Anlaufen ist ab 0,9 V möglich, wodurch die Batterie sehr gut ausgenutzt wird. Unterhalb von 0,6 V wird der gesamte Chip abgeschaltet, um eine Tiefentladung zu vermeiden. Der Schaltregler selbst benötigt dabei 17 μ A – für Schaltungen mit ständig laufendem Timer also noch nicht die optimale Lösung.

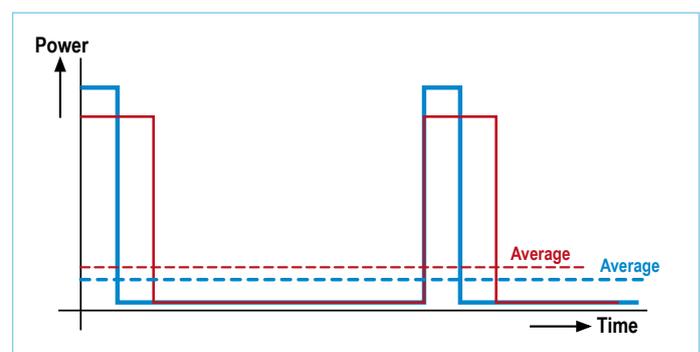
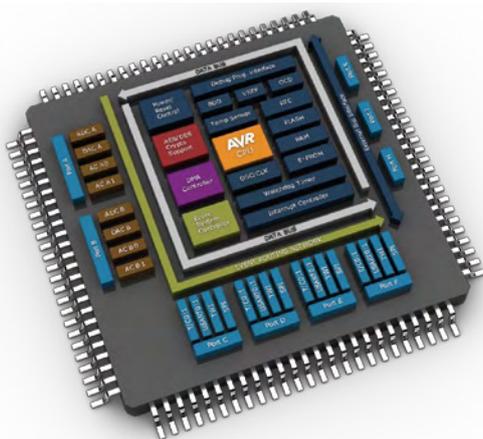


Bild 1. Kurze, schnelle aktive Phasen verringern die durchschnittliche Stromaufnahme.

Tabelle 2: Oszillatortypen		
Oszillatortyp	Genauigkeit	Einschwingzeit in Zyklen
Quarz	10-50 ppm	16 k
Uhrenquarz 32 kHz	10-50 ppm	16 k-32 k
Keramikresonator	0,5-1 %	200-1 k
RC-Oszillator	1-2 % (kalibriert)	6
Externer Takt	-	6

Brown Out Detection

Sinkt die Betriebsspannung zu weit ab, ist das Verhalten von Mikrocontrollern nicht mehr vorhersagbar. Um dies zu vermeiden, lässt sich per Brown Out Detection (BOD) die Spannung überwachen. Bei Unterschreiten des Mindestwertes wird der Controller in den RESET-Zustand versetzt. Pico-Power-AVRs verfügen über die Sleeping-BOD (SBOD), die im Sleep-Mode abgeschaltet werden kann - außer beim ATmega169P(V). Bei Batteriebetrieb geschieht das Absinken so langsam, dass man die Spannung hin und wieder über den ADC oder den analogen Komparator überprüfen sollte. Dann lässt sich schon deutlich vor Erreichen der BOD-Schwelle eine Batteriewarnung ausgeben.

Power Reduction Register (PRR)

Nicht benutzte Peripherie sollte man abschalten. Viele AVR's verfügen dazu über das Power Reduction Register (PRR). Timer, ADC, USART und TWI(I2C) können hier durch Setzen eines Bits von der Taktversorgung getrennt werden und verbleiben dann im letzten Zustand, bis der Takt wieder freigegeben wird. Der Analogkomparator muss aber extra abgeschaltet werden, und zwar durch Setzen des Bits ACD im Register ACSR. (Ersparnis etwa 60 µA bei 3 V). Dabei muss der AC-Interrupt gesperrt sein, sonst wird er durch Ändern des Bits ausgelöst - also ACIE-Bit im Register ACSR zuvor löschen! Ist die Bandgap-Diode (Vref) intern mit einem Komparator-Eingang verbunden, so schlägt sie mit etwa 15 µA zu Buche - auch im Sleep Modus. Daher Bit ACBG im Register ACSR auf Null setzen! Die Einsparpotentiale durch abgeschaltete Peripherie zeigt **Tabelle 3**.

General Purpose I/O Register/Virtual Ports (XMEGA)

Da es mittlerweile viel mehr Special Function Register (SFR) gibt als der ursprünglich dafür eingeplante Adressraum abdeckt, können die schnellen Befehle IN, OUT etc. nur auf eine Teilmenge angewandt werden. Hier kann eine geschickte Auswahl der Peripherie ein paar Takte einsparen. Neuere AVR's verfügen über General Purpose I/O-Register, auf die ein schnellerer Zugriff möglich ist als auf den SRAM-Bereich.

Bei XMEGAs kann die aktive Phase durch Benutzung so genannter Virtual Ports verkürzt werden. Sie ermöglichen den Zugriff auf die Register DIR, IN, OUT und INTFLAGS von bis zu 4 Ports mit Single-Cycle-Befehlen zum Datentransfer und zur Bitmanipulation.

Analog-Digital-Wandler (ADC)

Den ADC wird man sinnvollerweise nur bei wirklichem Bedarf einschalten und dann nur im Single-Conversion-Mode betreiben. Er benötigt etwa 200 µA bei 3 V. Bei Benutzung des Noise-Reduction-Mode wird die CPU während der Wandlung abgeschaltet, was Strom spart und die Genauigkeit erhöht, da mögliche Störungen des

ADC durch die Aktivitäten der CPU unterbleiben. Weil bei einer Auflösung von 8 bit die Wandlungszeit des ADC nur

12 µs beträgt (im Gegensatz zu 65 µs bei 10 bit), kann man Energie sparen, wenn 8 bit ausreichen. Da es keinen speziellen 8-bit-Modus gibt, stellt man den ADC-Takt auf einen entsprechend hohen Wert ein (1 MHz) und nutzt das ADLAR-Bit, damit das signifikante Ergebnisbyte gleich im ADCH-Register steht. Dieses dann nach 12 µs auslesen und den ADC abschalten.

Digital Input Disable Register (DIDR)

Alle Analogeingänge können beim AVR auch als digitale I/Os benutzt werden. Bei Anliegen analoger Spannungen fließen allerdings in den digitalen Eingangsstufen Querströme, da beide Transistoren etwas leiten. Der Verbrauch steigt im zweistelligen µA-Bereich pro Pin. Deshalb verfügen die Pico-Power-Typen über das „Digital Input Disable Register“ (DIDR), wodurch man die digitalen Eingangszweige der Analog-Multiplex-Ports pinweise trennen kann.

EEPROM und Flash Zugriff

Beim XMEGA kann der Non-Volatile-Memory-(NVM-)Controller stromsparend konfiguriert werden. Dabei werden das EEPROM und/oder gerade nicht benutzte Teile des Flash auch im Aktivmodus des Controllers abgeschaltet. Das Schreiben auf das EEPROM ist übrigens im Pagewise-Mode sparsamer als byteweise.



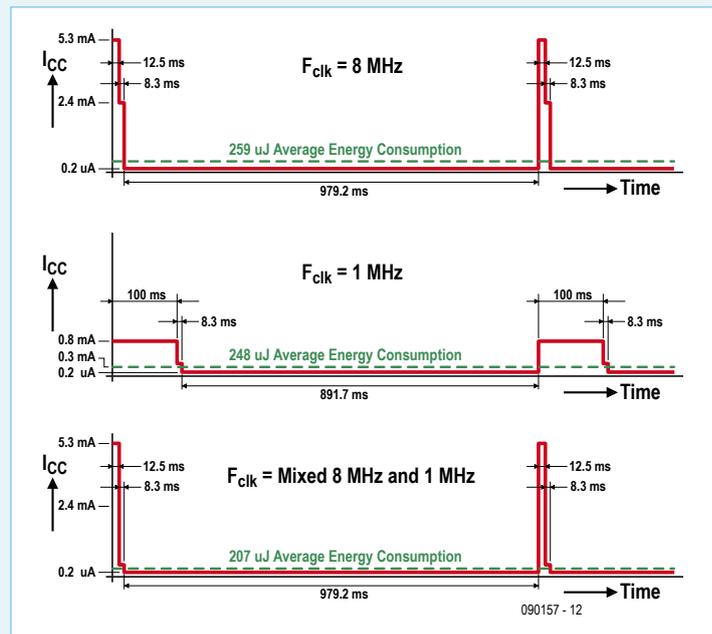
Tabelle 3: Einsparungen bei abgeschalteter Peripherie		
Modul	Einsparung aktiv	Einsparung Idle Mode
USART	2 %	6 %
Asynchroner Timer (RTC)	4 %	15 %
Timer/Counter	2 %	6 %
ADC	4 %	14 %
SPI	3 %	11 %

Dynamischer Taktwechsel am Beispiel „Remote Keyless Entry“ (RKE)

Bei einem elektronischen Funk-Schlüssel wurde ein klassischer ATmega128 eingesetzt, da Pico-Power-AVRs mit 128 K Flash zu dieser Zeit noch nicht verfügbar waren. Heute kann der sparsamere ATmega1284PA oder ein ATxmega128A1 verwendet werden – das Prinzip bleibt aber gleich.

Der Schlüsselsender befindet sich während 98 % der Zeit im Power-Down-Mode und wird zu Testzwecken einmal pro Sekunde durch Tastendruck aktiviert. Die Betriebsspannung beträgt 3 V. Die Kommunikation mit der Basisstation erfolgt AES-verschlüsselt über Funk mit einer Datenrate von 9600 Baud. Die Datenverarbeitung inklusive Verschlüsselung benötigt etwa 100.000 Taktzyklen, pro Sendevorgang werden 8 Bytes verschickt.

Zunächst wird die maximale Taktfrequenz des internen RC-Oszillators von 8 MHz genutzt. Es ergibt sich ein Energieverbrauch von insgesamt 250 µJ (Mikrojoule) pro Sendevorgang. Wird der Takt auf 1 MHz gesenkt, kann während der durch die Baudrate festgelegten Dauer der Kommunikation deutlich Energie gespart werden. Die mathematischen Operationen laufen dann ebenfalls bei verminderter Stromaufnahme, dauern dafür aber länger. Es ergibt sich nun mit 248 µJ eine Ersparnis von insgesamt 4 % gegenüber dem Betrieb bei 8 MHz. Lässt man aber die Berechnungen bei schnellen 8 MHz ablaufen und schaltet den Takt vor der Kommunikation auf 1 MHz herunter, kommt man auf einen Verbrauch von nur noch 207 µJ, spart also 20 % Energie!



Prozess	Fall	Takt [MHz]	Dauer [ms]	Strom [µA]	Leistung [mW]	Energie [µ J]
Berechnung (Active) 100.000 Zyklen	1	8	12.5	5300	15.9	198
	2	1	100.0	800	2.40	240
	3	8	12.5	5300	15.9	198
Senden (Idle) 8 Bytes	1	8	8.3	2400	7.2	60
	2	1	8.3	300	0.90	8
	3	1	8.3	300	0.90	8
Power Down	1	0	979.2	0.2	0.001	1
	2	0	891.7	0.2	0.0006	0.5
	3	0	979.2	0.2	0.0006	0.6
Gesamt/Schnitt	1	-	1000.0	86	0.26	259
	2	-	1000.0	83	0.25	248
	3	-	1000.0	69	0.21	207

WDT und CPU abschalten

Den Watchdog-Timer (WDT) abzuschalten spart etwa 6 µA bei 3 V. Man wird den WDT daher möglichst nur in der Entwicklungsphase aktivieren. XMEGAs bieten dank DMA und Event-System mehr Möglichkeiten, die CPU schlafen zu legen und dennoch auf Ereignisse zu reagieren. So kann ein Datenlogger fast ohne CPU-Aktivität arbeiten: Der RTC löst über das Eventsystem periodisch A/D-Wandlungen aus, das Ergebnis wird über DMA direkt im Speicher abgelegt. Nur bei Bedarf wird die CPU per Interrupt geweckt, etwa wenn das Wandlungsergebn außerhalb eines definierten Fensters liegt. DMA reduziert die CPU-Nutzung um 96 % bei SPI-Kommunikation mit 4 Mbps und um 57 % bei UART-Kommunikation mit 2 Mbps. Eine AES-Verschlüsselung kann beim XMEGA unabhängig von der CPU laufen. Grundsätzlich nutze man Hardware-Ressourcen statt Soft-

warelösungen und wähle den Controller entsprechend.

Nicht zuletzt beeinflusst auch das Softwaredesign den Stromverbrauch: Unterprogramme sparsam einsetzen, schnelle Algorithmen statt Speicherplatz sparende, Look-Up-Tabellen statt langwieriger Rechnungen, Interrupts statt Polling, RCALL statt Call und RJMP statt JMP (wenn möglich) verwenden sowie häufig benutzte Variablen in Arbeitsregistern halten. Bei Hochsprachen hilft die Optimierung zugunsten schneller Codeausführung. Interessanten Vertiefungsstoff bietet ein „White Paper“ [4] von Atmel.

LCD

Einige AVR's verfügen über LCD-Controller. Um deren Verbrauch zu minimieren, wählt man spezielle Ansteuer-Signalförmungen aus und hält die Frame Rate möglichst niedrig. Details hierzu findet man im

Tabelle 4: Checkliste zum Low-Power-Design mit AVR-Controllern

Maßnahme	Register	Fuses	OK
Externe Beschaltung optimieren			
Niedrige Betriebsspannung		BODLEVEL	
Picopower / A-Type / XMEGA verwenden			
Eindeutige Logikpegel an Eingängen / Pullups	PORTx		
Nichtbenutzte Pins als Eingänge mit Pullups	DDRx		
Sleep-Modi nutzen	SMCR		
Intervallbetrieb mit RTC und RC-Oszillator		CKSEL	
Aktive Phasen kurz und schnell	CLKPR	CKDIV8	
Dynamischer Taktwechsel	CLKPR		
Low Power Oszillator Mode		CKSEL	
Kurze Oszillator-Anschwingzeit		CKSCL/SUT	
Sleeping BOD nutzen oder BOD aus	MCUCR	BODLEVEL	
On Chip Debugger (OCD) aus		OCDEN	
Debug Wire / JTAG Interface aus	MCUCR	DWEN/JTAGEN	
Power Reduction Register nutzen	PRR		
General Purpose I/O-Register nutzen	GPIO		
Virtual Ports nutzen (XMEGA)	VPORx		
EEPROM/Flash: Power Reduction Mode (XMEGA)	CTRLB (EPRM/FPRM)		
ADC/AC: Digital-Eingangszweig trennen	DIDR		
ADC: Noise Reduction Mode	SMCR		
ADC: 8 Bit ausreichend ?	ADCSR(A), ADMUX		
Analog Komparator aus	ACSR		
Bandgap Diode aus (Vref)	ACSR, ADCSR(A)	BODLEVEL	
Watchdog-Timer (WDT) aus	MCUSR, WDTCR	WDTON	
XMEGA: Event System und DMA	lt. Datenblatt		
LCD: Wave Form beachten / niedrige Frame Rate	LCDCR, LCDFRR, LCDRA, LCDRB		
Möglichst Hardware statt Software			
Software auf Schnelligkeit optimieren (Assembler?)	GPIO		

Datenblatt unter „Minimizing Power Consumption“ und „Low Power Waveform“. Bei synchronem LCD-Clock lässt sich das LCD-Modul auch im Idle- und im Power-Save-Mode betreiben, bei asynchronem LCD-Clock zusätzlich im ADC-Noise-Reduction-Mode.

Fazit

Eine Zusammenfassung in Form einer Checkliste finden Sie in **Tabelle 4**. Nutzt man alle genannten Verfahren, so kann beispielsweise ein Temperaturwächter, der alle 30 Sekunden den aktuellen Messwert über Funk in ein Zigbee-Netz überträgt, mit 2 Mignonzellen theoretisch 10 Jahre lang betrieben werden, und zwar inklusive Stromverbrauch des dabei eingesetzten Transceivers AT86RF212/231. Allerdings dürften nur Lithium-Ionen Zellen überhaupt so lange lagerfähig sein.

(090157)

Weblinks

- [1] AVR040: EMC Design Considerations
www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1619.pdf
- [2] AVR042: AVR Hardware Design Considerations
www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2521.pdf
- [3] AVR105 – Power Efficient High Endurance Parameter Storage in Flash Memory
www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2546.pdf
- [4] “Innovative Techniques for Extremely Low Power Consumption with 8-bit Microcontrollers”, A.M. Holberg und A. Saetre (Atmel White Paper)
www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc7903.pdf

Der Autor

Dipl.-Ing. Andreas Riedenauer hat an der TH Darmstadt und FU Hagen Elektrotechnik studiert und ist als Field Application Engineer beim Atmel-Distributor INELTEK und als FH-Lehrbeauftragter, Fachautor und Seminarleiter (u.a. für die Elektor AVR-Workshops) tätig.

Seine Interessensgebiete sind neben Mikrocontrollern die Bereiche Energy Harvesting, RFID, Neuronale Netze, Autonome Robotik, Bildverarbeitung, Kapazitive Bedienelemente, Kryptologie und Plagiatsschutz. In seiner Freizeit ist Andreas Riedenauer begeisterter Segelflieger.

Neulich im Elektor-Lab ...



This is not a bug ...

... it's a feature! Nanu, stellt das Elektor Labor jetzt schon Experimente mit Tieren an? Nein weit gefehlt, dieser kleine Marienkäfer hatte sich nur vor dem beginnenden Winter in unser Labor geflüchtet, und offenbar hat ihm der Solar Charger aus unserem Novemberheft (www.elektor.de/090190) besonders gefallen. Schließlich hilft das Projekt ja auch, Schadstoffe und Treibhausgase einzusparen. Das kleine Insekt bildet

also ein lebendes „Grünes Zertifikat“. Dass man jedoch einen Sechsheiner mitgeliefert bekommt, wenn man die passende Platine im Elektor-Shop bestellt, ist ein Gerücht!

ist eine andere wie beim selben Transistortyp von Fairchild. Auch bei NXP und einigen anderen Firmen liegt die Basis links und der Emitter rechts, wenn die flache Seite des Gehäuses nach unten zeigt (und man von vorn auf die Pins schaut). Lediglich im Siemens-Datenblatt liegen die Verhältnisse umgekehrt. Leider konnten wir nicht

Gerade angekommen

Die kleinen Mikrocontroller-Eval-Boards in USB-Stick-Form kennt man inzwischen von vielen Halbleiter- und Toolherstellern. Ziemlich außergewöhnlich ist aber der Eval-Stick von Texas Instruments, der gerade unser Elektor-Labor erreicht hat (<http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/ez430-chronos.html>). So wie ähnliche Produkte des Herstellers besteht das Mini-Board aus zwei zusammensteckbaren Teilen: Einem Programmer-Platinchen mit USB-Stecker sowie einem winzigen Prozessor-Board. Das neue Kit enthält aber noch

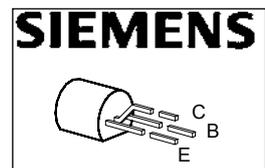
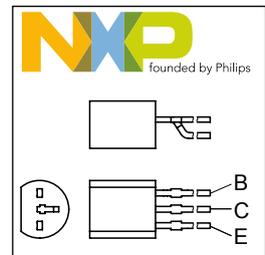
mehr: Nämlich ein weiteres Modul mit LCD sowie ein Gehäuse - in Form einer Sportuhr! Ein erster Vergleich mit anderen Eval-USB-Sticks von TI ergab, dass der Programmer-Teil in der Tat derselbe ist. Nach der Programmierung trennt man das Prozessor-Board einfach ab, dockt es an das Display der Sportuhr an und schraubt das Ganze in das Gehäuse. Doch das ist noch nicht alles: Der verwendete Controller ist ein MSP430 vom Typ CC430F6137, welcher einen HF-Transceiver zum drahtlosen Datenempfang enthält. Demnächst werden wir uns das Kit einmal näher ansehen – und natürlich im Labcenter darüber berichten!



Wer macht denn so was?

... fragen wir uns manchmal auch im Elektor Lab. Man schaue sich einmal die Auszüge aus den Datenblättern an, da stimmt doch was nicht ... tatsächlich, die Pinbelegung im Datenblatt des BC639 von Siemens

handelt oder ob die Siemens-Ingenieure damals einfach ihren eigenen Weg gingen. Fest steht: Fluchen ist programmiert, wenn man im Internet nach einem Datenblatt zum BC639 googelt und gerade das Siemens-Exemplar erwischt. Bis der Fehler eingekreist ist, kann ein wenig Zeit vergehen ... So geschehen in unserem Labor bei der Entwicklung eines noch unveröffentlichten Projekts. Nur ein schwacher Trost: Unsere Entwickler sind nicht allein, im Internet sind weitere Klagen über stundenlange Fehlersuchen nachzulesen (siehe zum Beispiel www.matuschek.net/restauration-td125mkii).



Labcenter@Elektor

- Fragen an den Entwickler einer Elektor-Schaltung?
- Ergänzungen oder Kommentare zu den Labcenter-Stories?
- Vorschläge für Boards oder eine Elektronik-Software, die wir uns im Labor ansehen könnten?
- Kürzlich etwas entdeckt, was unser Labor interessieren könnte?

Zögern Sie nicht – ihr Feedback ist willkommen unter der Adresse labcenter@elektor.de!

Angeschaut: Das Altium NanoBoard 3000

Von Jens Nickel

Der australische Software- und Toolhersteller Altium hat die Preise für das Elektronik-CAD-Paket „Altium Designer“ vor einigen Monaten stark gesenkt, darüber hinaus wurde die Familie der „NanoBoards“ (FPGA-basierte Entwicklungsboards) durch ein relativ günstiges Produkt ergänzt. Wer ein NanoBoard 3000 für rund 300 Euro erwirbt [1], bekommt eine 12 Monate gültige, spezielle „Altium Designer“-Lizenz sowie lizenzgebührenfreies Intellectual Property (zum Beispiel einen 8051er-kompatiblen

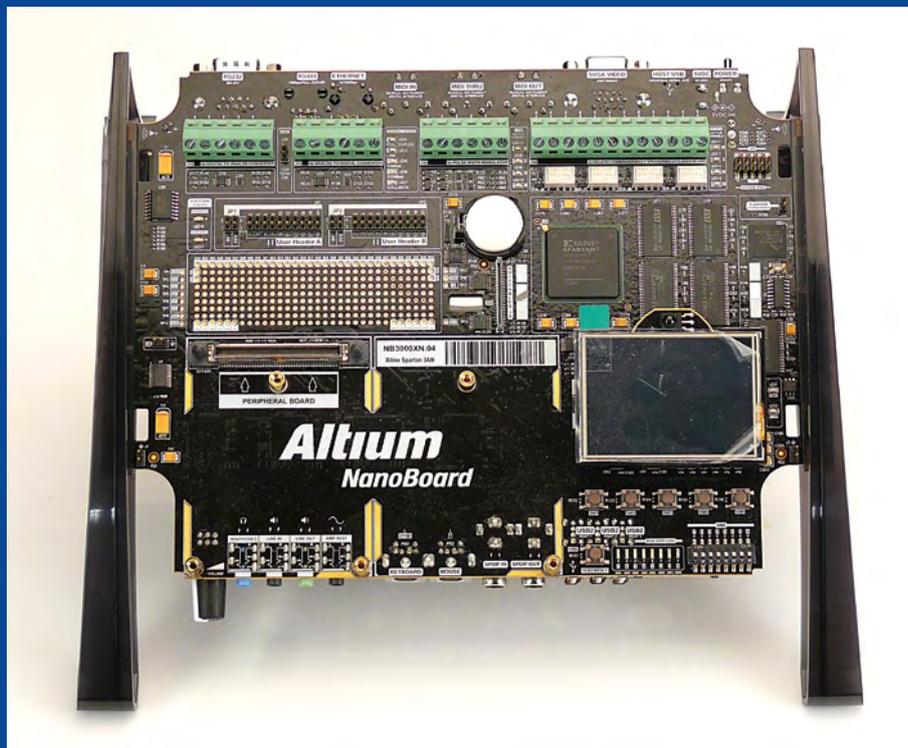
seine vorzugsweise mobile Anwendung integrieren könnte. Als Intelligenz des Ganzen dient ein (fest eingelöteter) FPGA Spartan 3AN von Xilinx. Wer eine komplette Embedded-Schaltung inklusive Prozessor, Speichercontroller und Peripherie entwickeln und testen will, muss diese nicht mehr auf einer Leiterplatte aufbauen. Vielmehr werden die Komponenten als „Soft-Design“ im FPGA implementiert, wobei Entwickler hier ganz ohne VHDL- oder Verilog-Vorkenntnisse auskommen. Programmiert wird auf grafische Weise, in dem vorgefertigte Funktionsblöcke miteinander verbunden werden.

Das Kalkül des Herstellers ist klar: Wer auf diese Weise einmal einen Prototypen auf dem NanoBoard 3000 verwirklicht hat, wird unter Umständen zur „Custom Board Implementation“ Version der Software greifen, die auch ein Leiterplattendesign und sogar die Anbindung an ein Mechanik-CAD-Programm erlaubt. Dieser ganzheitliche Ansatz kann die Entwicklungszeit bis zur Serienfertigung beträchtlich verkürzen, doch der Preis dafür ist, dass die mächtige Elektronik-CAD-Suite reichlich Einarbeitungszeit verlangt.

Eine erste Anlaufstelle waren für uns die Step-By-Step-Tutorials der NanoBoard-3000-Website (im unteren Bereich der Startseite [2] auf „Training Room“ klicken). In den gut gemachten Kurz-Videos wird jeweils eine Beispielanwendung entwickelt; man bekommt so recht schnell einen Einblick, wie das Konzept funktioniert und wie leistungsfähig die Software ist. Auf der Altium-Website [3], und hier vor allem unter den Menüpunkten

„Community“ und „Training“, findet man eine Fülle zusätzlicher Informationen zum Altium Designer, so zum Beispiel weitere Trainingsvideos und Manuals, ein Wiki und Userforen. Die Installation des Programms ist nicht schwer, und so bald man auf der Website von Altium einen Account eingerichtet hat, kann man die Suite wie versprochen für 12 Monate nutzen (in Verbindung mit dem Board). Anschließend ist noch ein Software-Package von der Website des FPGA-Herstellers Xilinx herunterzuladen (gratis nach Registrierung). Die Tools integrieren sich nahtlos in Altium Designer und sind hinter den Kulissen für das Placement und Routing im FPGA zuständig.

Dass die Entwicklungs-Oberfläche professionell gestaltet und komfortabel bedienbar ist, brauchen wir kaum zu erwähnen.



Soft-Prozessor) hinzu. Ein solches Kit haben wir vom Hersteller zur Verfügung gestellt bekommen.

Schon beim Auspacken des Boards bekamen wir große Augen. Auf der in edlem Schwarz gehaltenen Platine ist wirklich alles vorhanden, was das Elektroniker-Herz begehrt: TFT-LCD (sogar mit TouchScreen-Funktionalität), ein Audio-Codec, reichlich Speicher in Form von SDRAM, SRAM und Flash, zwei SD-Karten-Sockel, acht LEDs (RGB!), vier PWM-Treiber, 4-Kanal-ADC, 4-Kanal-DAC und vier Relais, eine Echtzeituhr und mehr. An Anschlüssen stehen natürlich USB und RS232, aber auch Ethernet sowie diverse Audio- und Videoanschlüsse (S/PDIF, MIDI, VGA u.a.) zur Verfügung. Mit dieser Fülle an Peripherie ist wohl das meiste abgedeckt, was ein Elektronik-Designer von heute in



Die Projektbeispiele – sie sind reichlich vorhanden und nach Bereichen wie Analog, Audio, Display, Networking gegliedert – werden mit einem Klick in das Projekt-Übersichtsfenster geladen. Hier lassen sich dann verschiedene Ansichten auswählen. So zeigt etwa die Schaltplanansicht die Verbindungen der Peripherie (etwa des Displays) mit den „Baugruppen“ im FPGA. Ein weiterer Klick kompiliert das Projekt, auch das Uploaden (über USB) ist einfach.

Um einen besseren Eindruck vom Programm zu bekommen, haben wir das erste in den Trainingsvideos gezeigte Beispiel nachvollzogen. Ziel ist es, die RGB-LEDs auf dem Board in ihrer Farbe und Helligkeit steuern zu können. Dafür müssen die Leuchtdioden, ein LED-Controller und ein Instrument mit Schieberegler und Sieben-Segment-Display passend konfiguriert und miteinander verbunden werden. Dies geschieht alles rein virtuell in der Schaltplanansicht des Programms, nichts muss dafür auf dem Board gejumpert, gesteckt oder gar gelötet werden.

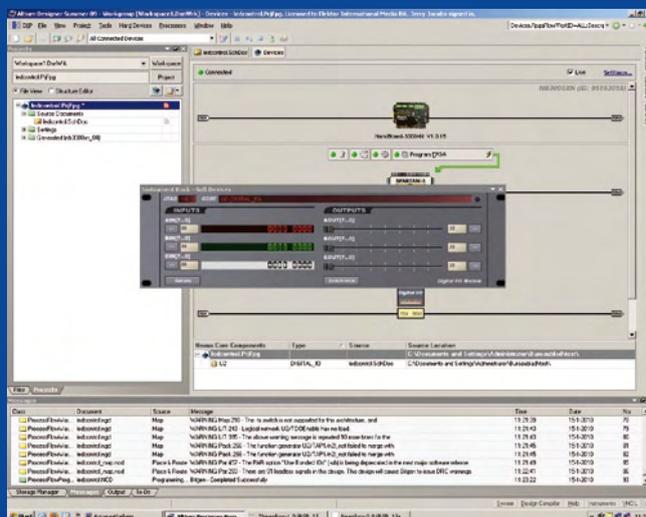
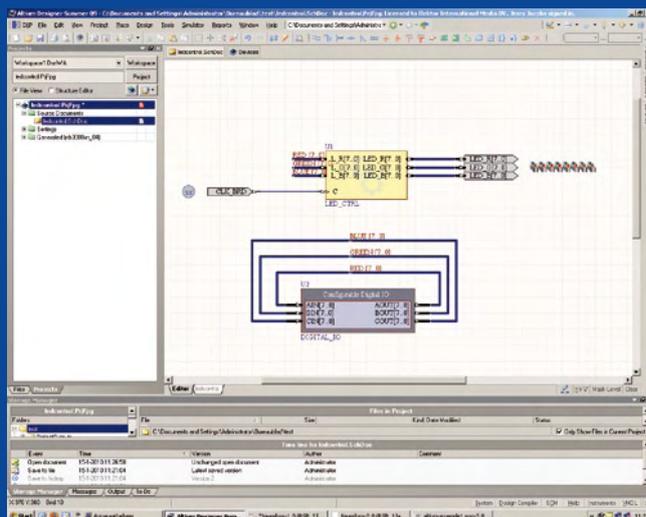
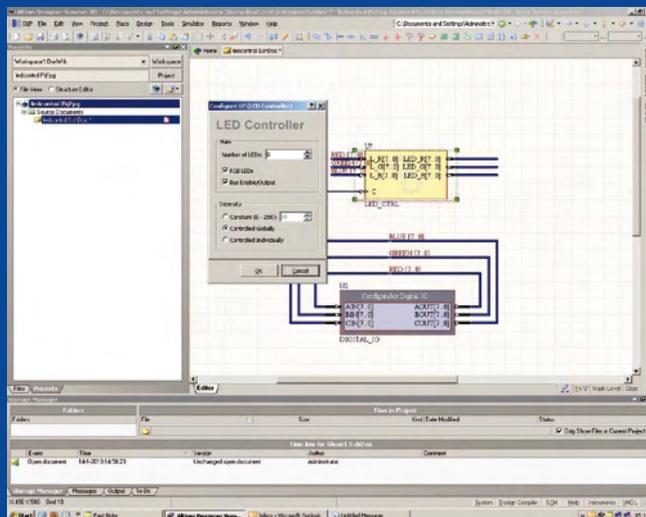
Der LED-Controller ist einer der vielen mitgelieferten Soft-Design-Bausteine für den FPGA. Das virtuelle Instrument wird dagegen vom PC gehostet, das Nanoboard muss zur Laufzeit also noch an den Computer angeschlossen bleiben. Da alles manuell vom PC aus gesteuert wird, kommt man bei dieser ersten Beispielapplikation noch ohne Mikrocontroller-Core im FPGA aus.

Nicht zuletzt da die notwendigen Schritte im Video und einem downloadbaren PDF gut dokumentiert sind, kamen wir in kurzer Zeit zum gewünschten Ergebnis (siehe Screenshots). Zugegeben: Bis wir in der Lage gewesen wären, ein eigenes Projekt zu entwickeln, hätte es wohl noch etwas Einarbeitungszeit und Übung bedurft, was bei der Komplexität des Programms aber nicht verwundert.

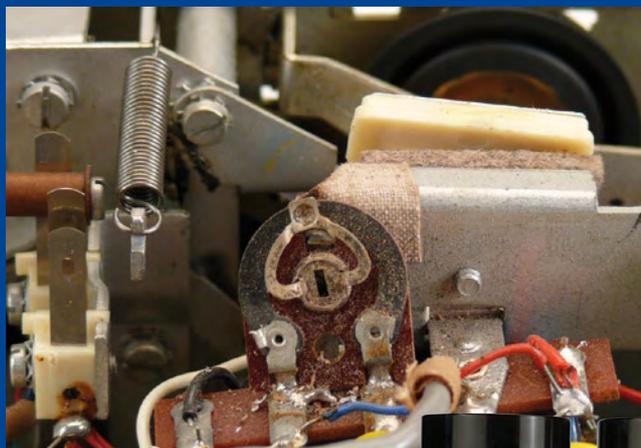
Fazit: Das Kit zielt vor allem auf Einsteiger in den Bereich des „Soft-Designs“ – etwa kleinere Entwicklerschmieden oder Hochschulteams, die schon einige Mikrocontrollerprojekte entwickelt haben und nun einmal den FPGA-Ansatz kennen lernen wollen. Für einen überschaubaren Betrag können sie ein bestes ausgestattetes System erwerben, mit dem sie diesen modernen Weg ausführlich ausprobieren können. Der FPGA ist dabei nur ein Mittel zum Zweck – nämlich in möglichst kurzer Zeit zu einem Prototypen zu kommen. Wer sich dagegen hauptsächlich für FPGAs an sich interessiert – und etwa VHDL-Kenntnisse erwerben will – wird auf dem Markt noch kompaktere und kostengünstigere Boards finden. Natürlich widerspricht sich beides nicht, sondern kann sich sogar ergänzen. Ein FPGA gleichen Typs lässt sich mit den vom Altium Designer erzeugten Files programmieren, auch wenn dieser auf einem anderen Entwicklungsboard oder einer selbst gemachten Platine sitzt (einen entsprechenden Programmierer vorausgesetzt).

(090555)

- [1] <http://de.farnell.com/altium>
- [2] <http://nb3000.altium.com/intro.html>
- [3] <http://altium.com>



Kampf dem Poti-Krachen – aber richtig!



Von Jens Nickel

Unter den Elektor-Lesern gibt es viele audiophile Zeitgenossen, die nicht immer den neuesten Surround-Receiver mit Ethernet-Anbindung, Decodierung hochauflösender Tonformate und Einmessautomatik besitzen müssen. Jene Art von Musikfreund genießt viel lieber eine gut gemachte Stereo-Aufnahme, gerne abgespielt von einer Kette aus einem hochwertigen Plattenspieler und einer erlesenen Vor-/Endverstärker-Kombination älteren Baujahrs.

Wer solches nicht mehr ganz junges Equipment betreibt, dürfte das Problem krachender Potis und (Dreh-)Schalter kennen. Die Oberflächen der meisten Kontakte und Schleifer oxidieren mit der Zeit, was die Leitfähigkeit (partiell) stark herabsetzt. Zwar scheuen sich viele High-End-Fans nicht, den krachenden Potentiometern mit einem Kontaktreiniger zu Leibe zu rücken. Beliebt ist das Spray Kontakt 60 (K60), das vom deutschen Hersteller Kontakt Chemie entwickelt wurde (1984 wurde die Marke von der amerikanischen CRC übernommen, deren europäischer Hauptsitz Brüssel ist). Das Spray, das bei vielen Elektronikversendern wie Reichelt und Conrad erhältlich ist (unter Umständen nach „Kontakt 202“ suchen), löst Oxidschichten auch zufriedenstellend auf. Jedoch: Wer es bei dieser Behandlung belässt, riskiert nach einiger Zeit einen Rückfall, bei dem das Krachen des Potis oder Schalters noch schlimmer als zuvor erscheint. Der Grund für die Malaise ist simpel: K60 löst die Oxidschicht auf, doch verbleibt ein Belag, der nach einiger Zeit tatsächlich zu erneuten Geräuschen führt.

Denn die Therapie ist mit dem Einsatz von K60 noch lange nicht abgeschlossen. Auf der englischen Webseite zu diesem Spray [1] ist auch genau beschrieben, was zu tun ist (auf der entspre-

chenden deutschen Seite zu K60 fehlt der entscheidende Hinweis leider).

Hier die ausführliche Pflegeanleitung (Sprays nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen anwenden):

1. Kontakt K60 auf die betroffenen Kontakte sprühen. Potis drehen und Schalter schalten, so dass sich die Flüssigkeit verteilt. Falls die Kontakte offen liegen, kann man sie mit einer Bürste putzen und allen (entstehenden) Schmutz entfernen. Dann warten, bis die Kontakte trocken sind.

2. Nun kommt das Spray Kontakt WL zum Einsatz, das den gerade entstandenen Restbelag endgültig auflöst und abwäscht. Bitte abermals warten, bis die Kontakte trocken sind.

3. Das Spray Kontakt 61 (K61) dient schließlich dazu, die Kontakte mit einer Schutzschicht zu überziehen. Diese wirkt erneuter Oxidation entgegen.

Kontakt WL und Kontakt 61 sind ebenfalls bei den erwähnten Distributoren zu haben (nach Kontakt 208 und Kontakt 205 suchen).

Bei einigen Potentiometern kommt allerdings jede Hilfe zu spät: Wenn der Schleifer zu sehr oxidiert ist, und nicht mehr fest auf der Achse sitzt, hilft nur noch ein Austausch. Die Kohleschicht der Widerstandsbahn



kann mit der Zeit kleine Beulen bekommen, wenn sich dort Schmutz und Staub anlagert. Auch dann sollte man zum Totalersatz schreiten!

(100022)

[1] www.crcind.com/csp/web/ProdDisp.csp?country=ALL&product=KONTAKT 60&brand=KOC&lng=3

NEU

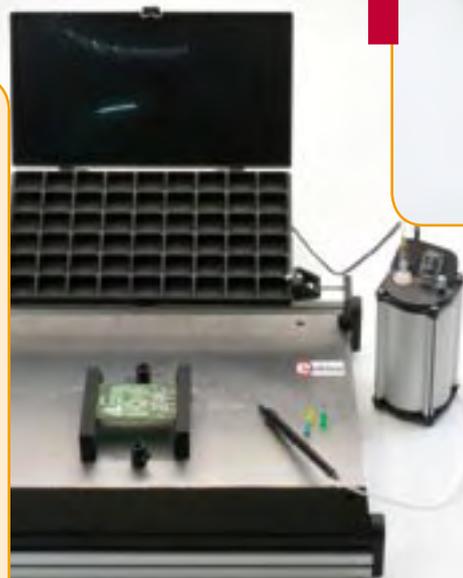
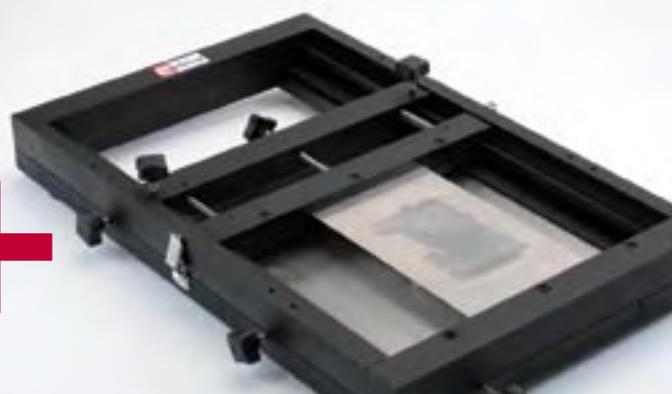
Stencil-Maschine und Pick-&-Place-Tool

Tools für die SMD-Bestückung

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

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

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



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 €*

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 €*

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

elektor

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

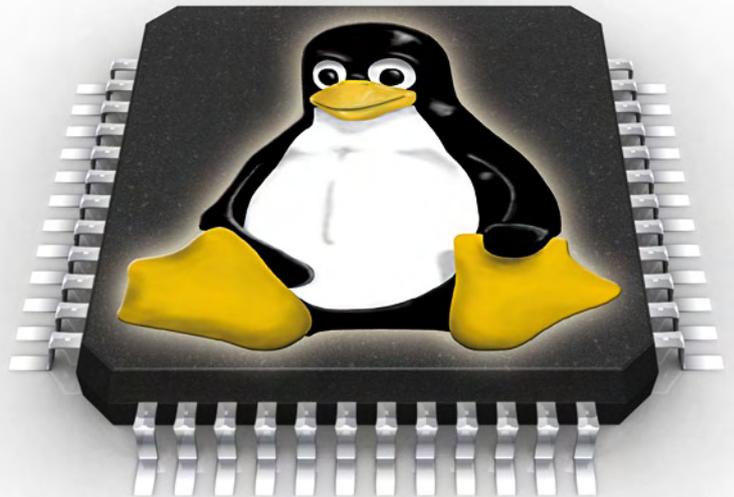
Weitere Infos und Bestellung unter
www.elektor.de/smd-tools

Linux on a chip

Entwickeln de luxe

Von Jerry Jacobs (Elektor Labor) & Thijs Beckers (Redaktion NL)

Linux ist in der Embedded-Welt verbreiteter, als viele Elektroniker denken. Mit hoher Wahrscheinlichkeit läuft auf dem Controller Ihres DSL-Routers ein 1-Chip-Linux. Und auch manche Smart-Phones sind neuerdings „powered by Linux“! In diesem Beitrag wird gezeigt, wie einfach es ist, mit Embedded Linux zur eigenen Anwendung zu kommen.



Die folgende Beschreibung bezieht sich auf das nanoLIAB-Board [1] - der Firmennamen LIAB ist ein Akronym für „Linux in a Box“. Die Platine ist mit einem ARM-Mikrocontroller vom Typ Atmel AT91RM9200 bestückt. Hinzu kommen ein 10/100-Mbit-Ethernet-Controller, eine serielle Schnittstelle und ein Audio-Ausgang. An Speicher stehen 16 MB Flash-ROM und 32 MB RAM zur Verfügung. Da das kleine Board sehr gut dokumentiert und außerdem Embedded Linux [2] vorinstalliert ist, eignet es sich sehr gut für erste eigene Gehversuche.

Booten

Nach dem Einschalten der Stromversorgung initialisiert sich die Hardware zunächst via Bootloader. Dieser lädt anschließend den Kernel. Jener wiederum vermittelt der Anwendungs-Software den Zugriff auf die Hardware. Der Kernel wird gestartet, indem der Bootloader zur Start-Adresse des Kernels springt. Diese Vorgänge kann man über die serielle Schnittstelle belauschen (siehe Bild 1). Man kann so sehen, wie der Bootloader die Kernel-Parameter wie MAC- und IP-Adresse sowie das Dateisystem übergibt, womit andere Programme geladen werden können.

Für eine interaktive Session mit der Platine via Terminal-Emulation wurde ein PC unter Ubuntu Linux [3] verwendet. Während einer solchen Session kann man Befehle abschicken und so Einstellungen am Board verändern. Als Verbindung von Board und PC dient wieder die serielle Schnittstelle. Auf der Ubuntu-Seite aktiviert das Kommando „`cu -l /dev/ttyS0 -s 115200`“ mit dem seriellen Port ttyS0 (= Linux-Bezeichnung für das Windows-Äquivalent COM1) die Verbindung. Bei Anschluss an eine andere serielle PC-Schnittstelle muss beim Ausdruck „ttySx“ das „x“ logischerweise durch die korrekte Port-Nummer ersetzt werden. Bei USB/Seriell-Konvertern ergibt sich die korrekte Nomenklatur aus „ttyUSBx“ mit „x“ = Nummer der Schnittstelle.

Installation

Es ist möglich, die Installation so anzupassen, dass man Daten via serielle Schnittstelle in den Flash-Speicher des Boards transferieren kann. Binärer Code muss hierfür zunächst in ASCII (uu-encodiert)

umgesetzt werden, da die serielle Kommunikation auf ASCII basiert. Da das Board ja schon vorinstalliert geliefert wird und die kompilierten Applikationen fehlerfrei funktionieren, konnte die Installation unverändert bleiben.

Applikationen

Ein Beispiel dafür, wie bequem und schnell man ein „Programm“ in Form eines Scripts als Konsolen-Applikation schreiben kann, zeigt Listing 1. Das Script kann via FTP-Programm in den Speicher des Boards übertragen werden (wo bereits ein FTP-Server aktiv ist). Zur Ausführung muss der Code der zu übertragenden Datei allerdings im Arbeitsspeicher und nicht im Flash abgelegt werden. Wenn man anschließend die Stromversorgung abschaltet, ist das Programm daher ins Daten-Nirwana gewandert.

Das Script wird für Linux regelkonform als Tar-Archiv [4] gepackt (mit `tar -c led_counter.tar led_counter.sh`). Das Archiv wird nach serieller Übertragung in das Board von diesem selbst mit dem Befehl

```

jerry@ubuntu: ~
File Edit View Terminal Help
-----o LIAB Bootloader o-----
Release: 1.0, April 18, 2007 at 13:52 by root
Copyright LIAB ApS.

GZIP image no. 1 found at addr 0x00020000
Filename .....: vmlinux.bin
Timestamp .....: Apr 18 11:51:51 2007 UTC
Bootloader: now putting Linux boot tags at 20000100
Starting Linux kernel ...
Linux version 2.6.16 (root@msa) (gcc version 3.3.2) #1 PREEMPT Wed Apr 18
13:51:50 CEST 2007
CPU: ARM920Tid(wb) [41129200] revision 0 (ARMV4T)
Machine: Atmel AT91RM9200-DK
Clocks: CPU 165 MHz, master 55 MHz, main 14.745 MHz
CPU0: D VIVT write-back cache
CPU0: I cache: 16384 bytes, associativity 64, 32 byte lines, 8 sets
CPU0: D cache: 16384 bytes, associativity 64, 32 byte lines, 8 sets
Kernel command line: liabETH=00:90:82:FF:04:81
liabIP=192.168.1.180,8,192.168.1.1 liabHOST=liab.liab.dk
liabJFFS2=/jffs2 liabRUN=/jffs2/StartApplication
    
```

Bild 1. Während der Kernel geladen wird, kann man die diversen Einstellungen und Parameter einsehen.

„tar -xzf led-counter.tar“ entpackt. Anschließend muss das Execute-Bit des Scripts gesetzt werden, sonst lässt es sich nicht ausführen. Hierzu führt man den Befehl „chmod +x led-counter.sh“ aus. Das nun fertige Script kann dann via „./led-counter.sh“ ausgeführt werden.

Device Driver

Geräte- und Kernel-Einstellungen findet man unter Linux meistens in der Form virtueller Dateien und Verzeichnisse. Jedem Gerät ist eine virtuelle Datei in „/dev-map“ zugeordnet. Auf diese Weise kann man zum Beispiel einfach via DAC direkt PCM-Daten durch Beschreiben des Geräts „/dev/snd“ ausgeben und schon wird der generierte Klang hörbar. Einstellungen wie IP-Forwarding in einem Linux-Router lassen sich realisieren, indem man eine simple „1“ in „/proc/sys/net/ipv4/ip_forward“ schreibt.

Auf diese simple Weise lässt sich der Kernel vielfältig anpassen. Auch Automatisierungen sind dank so genannter Shell-Scripts einfach zu realisieren. Die gebräuchlichste Shell in Linux ist Bash [5].

Warum Linux?

Embedded Linux reduziert die Menge des notwendigen Codes für die Entwicklung eines Produkts immens, da der Code nicht für jedes Detail der Hardware selbst geschrieben werden muss. Embedded Linux versammelt alle Steuer-Programme für Hardware (wie Display, TCP/IP und Audio-Ausgabe) an einer Stelle. Von daher kämpft man nicht den Großteil der Zeit damit, stabile Treiber zu schreiben (und zu debuggen), sondern kann sich stattdessen auf die eigentliche Arbeit konzentrieren.

Ein großer Vorteil eines Open-Source-Betriebssystems wie Embedded Linux ist, dass man sich nicht in die Abhängigkeit von kommerziellem proprietärem Code begibt, denn Updates von kommerzieller Software sind in der Regel hardware-spezifisch und werden eben vom Lieferanten nach dessen Kriterien vorgenommen. Beim im nanoLIAB-Board eingesetzten Linux hingegen geht man keine finanziellen Verpflichtungen und Abhängigkeiten ein.

Gelegentlich kommt es vor, dass (wenn sich ein Hersteller nicht besonders um ein Board kümmert) entwickelnde User auf dieser Basis ganz andere Wege einschlagen. Dann kann es passieren, dass die Community andere Ideen realisiert und andere Ziele mit einer Software angeht, als ursprünglich vom Hersteller geplant war. Ein gutes Beispiel für solche Entwicklungen ist das mit Embedded Linux ausgestattete BeagleBoard [6].

Und weiter?

Dieser Beitrag bot einen kleinen Vorgeschmack zu Embedded Linux. Die damit realisierbaren Möglichkeiten sind fast unendlich, da sich die Software sehr gut an spezielle Erfordernisse anpassen lässt. An Dokumentation ist sicher kein Mangel, denn davon findet man jede Menge im Internet. Auch ein passendes Buch kann eine Hilfe sein. Bei den meisten Open-Source-Projekten ist eine passende Mailing-Liste nicht weit; hierüber kann man leicht Kontakt zu hilfsbereiten Zeitgenossen herstellen, die einige Probleme dieser Art längst gelöst haben.

Listing 1.

```
#!/bin/bash
#
# nanoLIAB led shell script
#
# This script writes values in binary to the
# four leds on the board with 1 second
# interval.

# The array of the possible values
VALUES=( 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F )

# Write every value in VALUES to the device
# with nanoctrl
for value in ${VALUES[*]}; do
    # Display written data and write to leds
    echo "Writing 0x$value to leds"
    nanoctrl -l $value

    # Wait one second
    sleep 1
done
```

Zum Schluss ein Hinweis auf eine spezielle Webseite: „Linux for Devices“ [7] ist ein Portal für Neuigkeiten in Sachen Linux-on-a-Chip.

(091034)

[1] www.liab.dk/produker/nanoliab

[2] www.elinux.org

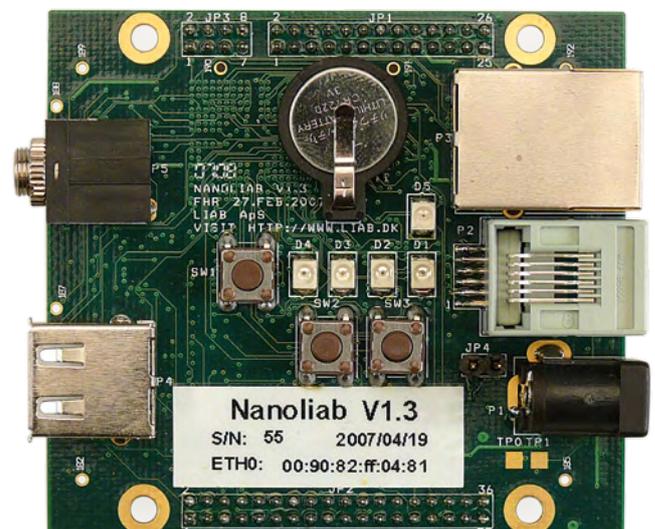
[3] www.ubuntu.com

[4] [en.wikipedia.org/wiki/Tar_\(file_format\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tar_(file_format))

[5] en.wikipedia.org/wiki/Bash

[6] www.beagleboard.org

[7] www.linuxfordevices.com

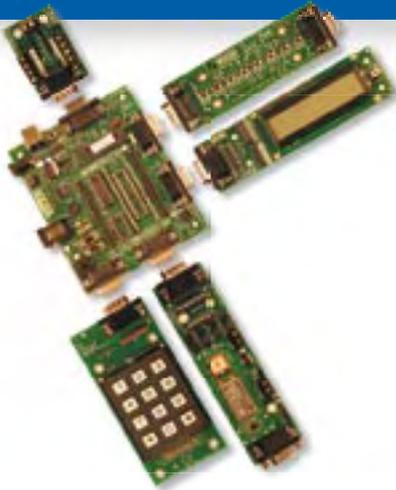


Entwickeln und Lernen



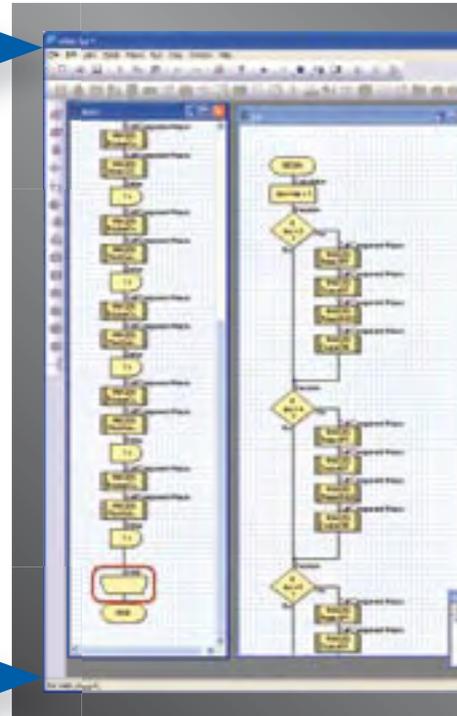
Flowcode 4 ist eine der weltweit besten grafischen Programmiersprachen für Mikrocontroller. Der große Vorteil von Flowcode ist, dass man mit nur wenig oder gar keiner Programmiererfahrung in der Lage ist, komplexe elektronische Systeme in Minutenschnelle zu erstellen.

... für Elektronik



E-blocks sind kleine Schaltungen auf Platinen, die für sogenannte Embedded Systeme typische Elektronik enthalten. Es gibt mittlerweile mehr als 40 unterschiedliche Platinen. Die Module reichen von einfachen LED-Boards zu komplexeren Einheiten wie Programmern, Bluetooth oder TCP/IP.

E-blocks können einfach zusammengesteckt werden, um damit eine große Bandbreite an Systemen zu Lernzwecken oder für die Ausbildung im Fach Elektronik zu realisieren. Außerdem ist Rapid Prototyping komplexer elektronischer Systeme möglich. Das Angebot wird ergänzt durch Sensoren, Software, Anwendungsinfos und Curricula.



... für Industrie-Steuerungen



Ein MIAC (**M**atrix **I**ndustrial **A**utomotive **C**ontroller) ist eine Steuerungseinheit für den industriellen Bereich, der die Steuerung einer breiten Palette von elektronischen Systemen im Bereich Sensorik, Überwachung und Automotive erlaubt. Intern arbeitet ein MIAC mit leistungsfähigen Mikrocontrollern der PIC-18-Serie und verfügt über USB. Das Modul kann mit Flowcode, C oder Assembler programmiert werden. Flowcode 4 ist zudem mit dem Industriestandard CAN-Bus ausgestattet, über welchen mehrere MIACs vernetzt werden können. Flowcode 4 gehört zum Lieferumfang der verfügbaren MIAC-Bundles.

Flowkit ICD Tool

NEU

Das neue Flowkit-Tool bietet ICD (In Circuit Debugging) für Flowcode-Anwendungen in PIC- und AVR-Projekten:

- Start, Stopp, Pause und Schritt für Flowcode-Programme in Echtzeit
- Anzeige der Programm-Variablen
- Ändern von Variablenwerten
- In Circuit Debugging für Formula Flowcode Buggy, ECIO- und MIAC-Projekte



mit Flowcode 4 ...



NEU in Flowcode 4

Flowcode 4 verfügt über neue, die Entwicklung vereinfachende Eigenschaften:

- Panel Creator
- In Circuit Debugging
- Virtuelle Netzwerke
- C-Code-Anpassung
- Schalter Icons
- Fließkomma-Arithmetik
- Erweiterte String-Funktionen
- Unterstützung für Watchdog Timer
- Neue Oberfläche
- Neue Komponenten
- Schnelle USB-Entwicklung

... für Roboter

Beim Formula Flowcode Buggy handelt es sich um ein preiswertes Roboter-Fahrzeug für Lernzwecke und zum Einsatz in der Aus- und Weiterbildung. Entsprechend programmiert kann man damit auch auf Robotik-Events glänzen.

Das Vehikel lässt sich direkt via USB programmieren und ist mit Linien-Sensoren, Distanz-Sensoren, 8 LEDs, Mikrofon, Lautsprecher und einem E-blocks-Erweiterungs-Port ausgestattet. Die Lösung eignet sich für einen weiten Bereich an Robotik-Experimenten von der einfachen Linienverfolgung bis zum Entkommen aus einem Labyrinth. Via Erweiterungs-Port kann man Displays, Bluetooth- und Zigbee-Funk oder gar GPS anschließen.



... für USB-Projekte

ECIO-Module enthalten leistungsfähige via USB programmierbare Mikrocontroller im Format von DIL-ICs mit 28 oder 40 Pins (0,6"). Technisch basieren sie auf Mikrocontrollern der PIC-18- oder ARM-7-Serien. ECIO-Module eignen sich perfekt für eigene Projekte wie auch für den Unterricht, da sich damit komplette Lösungen realisieren lassen. ECIO-Module können mit Flowcode, C oder Assembler programmiert werden.

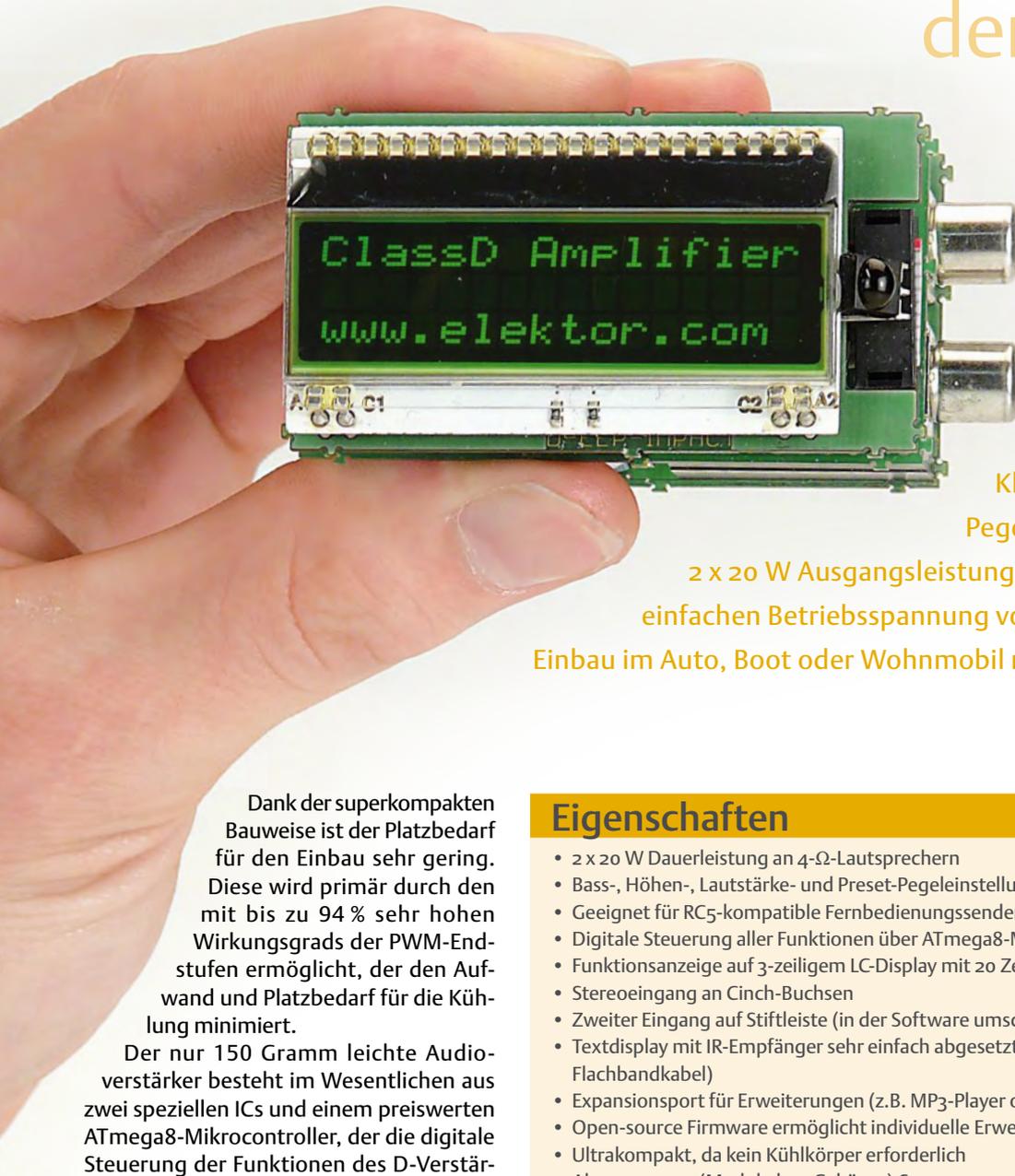
Neue USB-Routinen in Flowcode bieten sich zum extrem schnellen Prototypenaufbau für USB-Projekte an und unterstützen USB-HID, USB-Slave und USB-Serial-Bus (nur PIC). Eigene Projekte können durch integrierte ECIO-Module um USB-Programmierbarkeit ergänzt werden.



Weitere Produkte und Infos zu E-blocks finden Sie unter
www.elektor.de/eblocks

Modulo D

Der kleinste Stereo-Vollverstärker der Welt



Von Folker Stange (D)

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 mit einer einfachen Betriebsspannung von 12 V. Damit steht auch dem

Einbau im Auto, Boot oder Wohnmobil nichts im Wege.

Dank der superkompakten Bauweise ist der Platzbedarf für den Einbau sehr gering. Diese wird primär durch den mit bis zu 94 % sehr hohen Wirkungsgrads der PWM-Endstufen ermöglicht, der den Aufwand und Platzbedarf für die Kühlung minimiert.

Der nur 150 Gramm leichte Audioverstärker besteht im Wesentlichen aus zwei speziellen ICs und einem preiswerten ATmega8-Mikrocontroller, der die digitale Steuerung der Funktionen des D-Verstärkers übernimmt.

Klasse-D-Würfel

Klein sind nur die Abmessungen dieses Verstärkerwürfels in Klasse D. Mit (gemessenen) 2 x 22 W bietet er nicht nur erstaunlich viel Leistung, sondern auch reichlich Ausstattung. Mit zwei Stereoeingängen, Lautstärke-, Höhen-, Tiefen- und Empfindlichkeitseinstellung, Infrarotempfänger für RC5-Fernbedienungen, einem beleuchteten LC-Display sowie downloadbarer Firm-

Eigenschaften

- 2 x 20 W Dauerleistung an 4-Ω-Lautsprechern
- Bass-, Höhen-, Lautstärke- und Preset-Pegeleinstellung über Fernbedienung
- Geeignet für RC5-kompatible Fernbedienungssender
- Digitale Steuerung aller Funktionen über ATmega8-Mikrocontroller
- Funktionsanzeige auf 3-zeiligem LC-Display mit 20 Zeichen/Zeile
- Stereoeingang an Cinch-Buchsen
- Zweiter Eingang auf Stiftleiste (in der Software umschaltbar)
- Textdisplay mit IR-Empfänger sehr einfach abgesetzt montierbar (über 10-poliges Flachbandkabel)
- Expansionsport für Erweiterungen (z.B. MP3-Player oder manuelle Bedienung)
- Open-source Firmware ermöglicht individuelle Erweiterung für spezielle Einsatzgebiete
- Ultrakompakt, da kein Kühlkörper erforderlich
- Abmessungen (Modul ohne Gehäuse) 65 mm x 40 mm x 35 mm
- Wirkungsgrad bis zu 93 %
- Betriebsspannung 11...14 V
- Geeignet für Fahrzeugbordnetzung oder preiswertes 12-V-Netzteil (min. 4 A)

ware mit Quellcode und Hexfile kann er als vielseitige Basis für eigene Projekte dienen. Verstärkendes Herz ist der MAX9744 von Maxim, dessen hoher Wirkungsgrad bereits genannt wurde. Die nötige Außenbeschaltung ist minimal. Dank seiner „Filter-

less Spread-Spectrum Modulation“ wird die für Klasse-D-Verstärker typische Abstrahlung über die Lautsprecherkabel reduziert beziehungsweise durch ein flacheres und breiteres Spektrum entschärft. Der winzige MAX9744 ist dazu geeignet, den Selbstbau

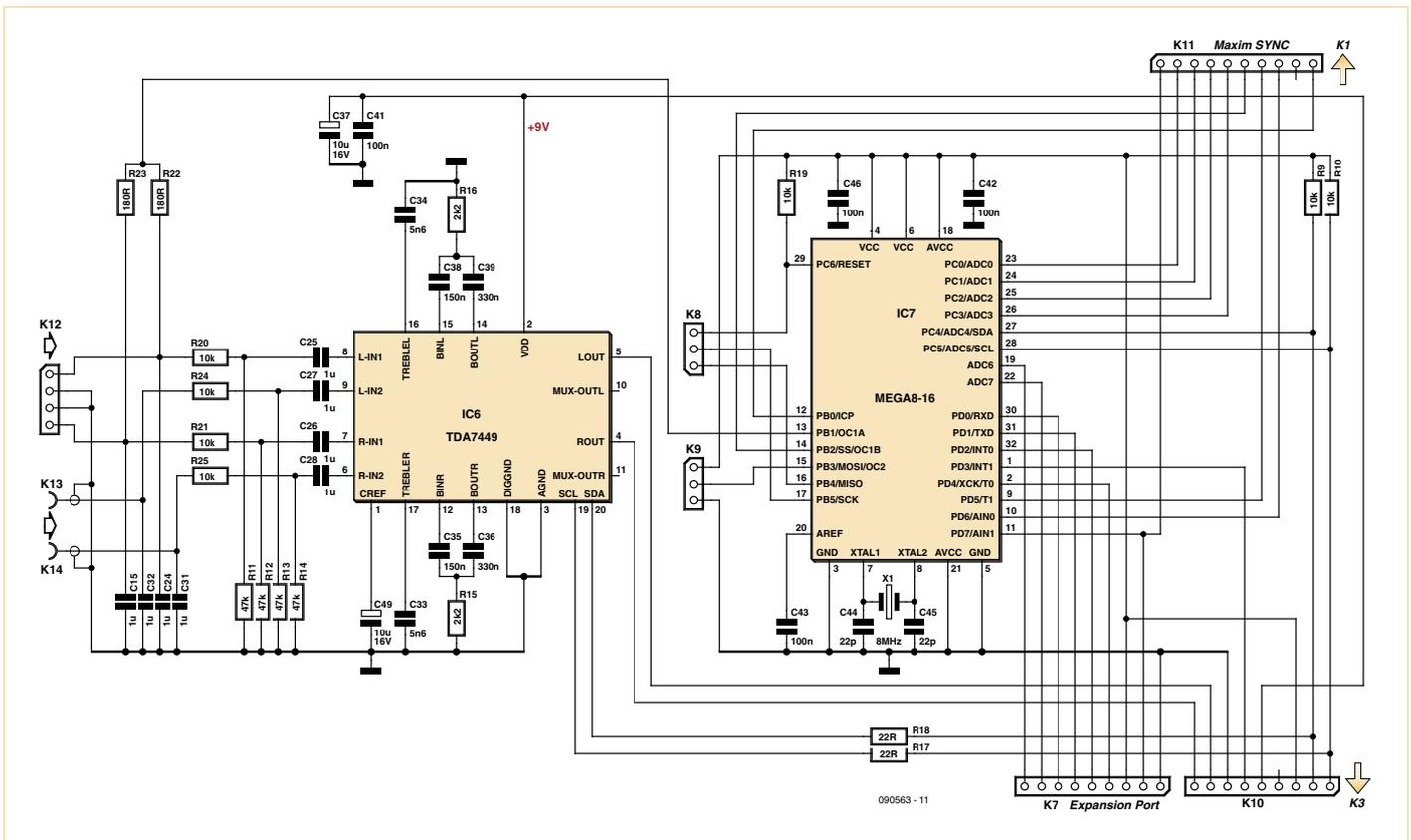


Bild 1. Die Schaltung der Controllerplatine, auf der sich neben dem Atmel-Controller auch das über I2C gesteuerte Vorverstärker-IC mit zwei umschaltbaren Stereo-Eingängen befindet.

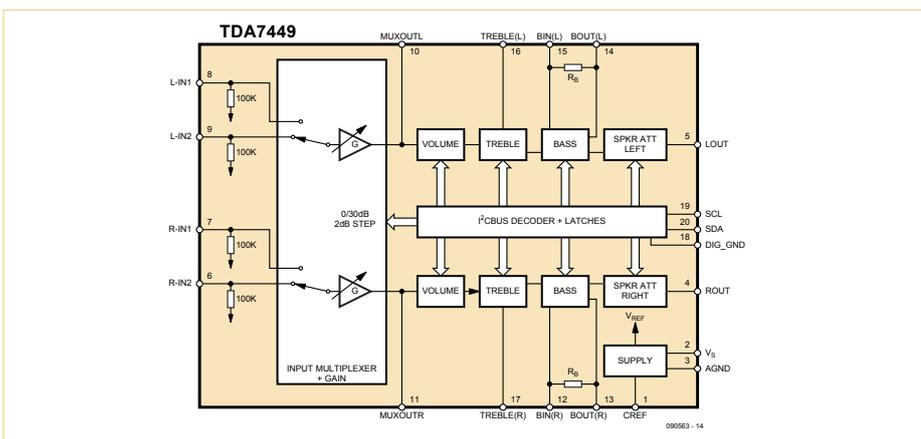


Bild 2. Blockschaltbild des digital gesteuerten Vorverstärker-ICs TDA7449 von STMicroelectronics.

eines Audioverstärkers grundsätzlich zu verändern. Normalerweise läuft ein Endstufenbau folgendermaßen ab: Zuerst wird ein passender Kühlkörper gesucht, der die Gehäuseabmaße bestimmt. Danach werden Abwärme und präventive Maßnahmen

bedacht, falls die Umgebungstemperatur zu stark ansteigt. Nicht so beim MAX9744, der trotz des mit 10mm² winzigen QFN-44-Gehäuses völlig ohne Kühlkörper auskommt – und das bei einer Gesamt-Ausgangsleistung von 44 W!

Dreiteiler

Die Schaltung des Verstärkers wurde auf drei Platinen (Bild 6) aufgeteilt, die hintereinander angeordnet sind – siehe Fotos. Auf der hintersten Platine befinden sich die Eingangsbuchsen des Verstärkers. Die Schaltung dieser Platine in Bild 1 bestätigt die Vermutung, dass die Cinch-Buchsen mit dem Vorverstärker-IC (IC6, TDA7449) verbunden sind. Wie das Blockschaltbild aus dem Datenblatt [1] in Bild 2 zeigt, handelt es sich um einen kompletten Stereo-Vorverstärker mit zwei umschaltbaren Eingängen, Eingangs-Pegelsteller, Lautstärke-, Höhen- und Basseinsteller sowie Ausgangspegelsteller. Alle diese Funktionen werden via I2C-Bus-Anschluss (Pin 18, 19 und 20) digital gesteuert. Mit der Pegelstellung am Eingang („Gain“) kann man die Empfindlichkeit des Verstärkers an die Signalquelle anpassen – in unserem Design auch über die Fernbedienung. Die Ausgangspegelsteller dienen der Balanceeinstellung.

Auf der gleichen Platine befindet sich auch der ATmega8-Mikrocontroller als Steuer-

Messergebnisse aus dem Elektor-Labor

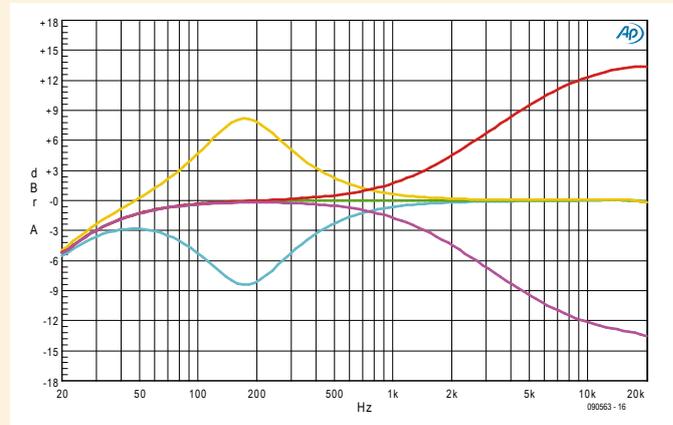
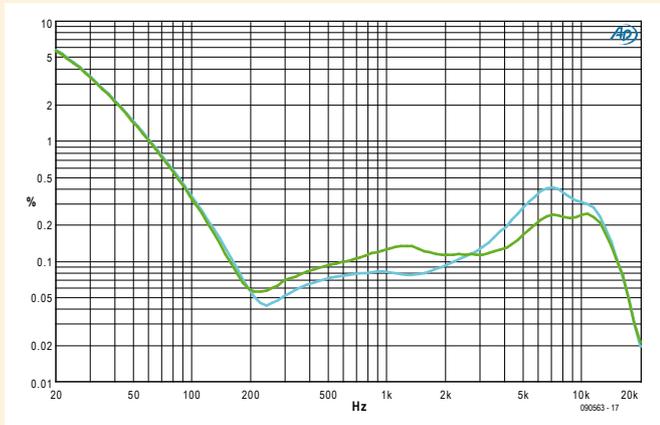
Am Musteraufbau des Modulo D wurden folgende Werte gemessen:

Ausgangsleistung (8 Ω, 1 kHz, 10 % THD)	10 W ($U_B = 12$ V)
	13,5 W ($U_B = 14$ V)
Ausgangsleistung (4 Ω, 1 kHz, 10 % THD)	16,5 W ($U_B = 12$ V)
	22 W ($U_B = 14$ V)
THD+N	0,08 % (8 Ω, 1 W)
	0,12 % (4 Ω, 1 W)
Eingangsempfindlichkeit	35 mV (Gain-Einstellung auf Maximum)
	(8 Ω, 13,5 W, 10 % THD, $U_B = 14$ V)
	1,12 V (Gain-Einstellung auf Minimum)
Untere Grenzfrequenz (-3 dB)	27 Hz
Klangeinstellbereich	
- Bass	+8,1 dB/-8,5 dB
- Höhen	+13,4 dB/-13,5 dB
Wirkungsgrad (22 W/4 Ω)	79 %
Ruhestromaufnahme	110 mA
Maximalstromaufnahme	4 A bei 2 x 22 W Ausgangsleistung

Das Messdiagramm für die Klangeinstellung zeigt die Frequenzgänge bei der Einstellung auf Maximum, Mitte und Minimum, wobei der jeweils andere Steller in der Mitte steht.

Das zweite Diagramm zeigt die Verzerrungen (THD) in Abhängigkeit von der Frequenz. Gemessen wurde bei 1 W an 4 Ω (grüne Linie) und an 8 Ω (blaue Linie). Der Anstieg bei niedrigen Frequenzen ist nicht eindeutig zu erklären. Laut Datenblatt ist das Klasse-D-Verstärker-IC nicht die Ursache. Wir haben aber festgestellt, dass die Verzerrungen in diesem Bereich von der Einstellung des Gain-Stellers abhängen. Bei niedrigster Gain-Einstellung und 1 V Eingangssignalpegel sind die Verzerrungen bei 1 W/1 kHz etwas höher (0,2...0,3 %). Bei dem im Diagramm gezeigten Verlauf wurde mit einem 300-mV-Eingangssignalpegel und damit einer etwas höheren Gain-Einstellung gemessen. Die Verzerrungen bei 1 kHz/1 W sind dann am niedrigsten, dafür sind sie aber bei tieferen Frequenzen doppelt so hoch wie bei der niedrigsten Gain-Einstellung.

Ton Giesberts



zentrale des Verstärkers. Er verarbeitet die Signale vom IR-Empfänger, setzt sie in die entsprechenden I²C-Signale für den Vorverstärker um und sorgt gleichzeitig für die Funktionsanzeige auf dem LC-Display. Eine einzige Signalleitung führt vom Controller (Pin 11) über K11 und K1 zur Platine mit der Klasse-D-Endstufe, deren Schaltung in **Bild 3** zu sehen ist. Dort ist dieses Signal mit dem Sync-Pin des MAX9744 verbunden, das die Betriebsart der PWM-Modulation (Festfrequenz- oder Spread-Spectrum-Modulation) auswählt.

Die Beschaltung des MAX9744 ist ebenso überschaubar wie seine Prinzipschaltung (**Bild 4**). Damit dieses IC eine in Relation zu seinen winzigen Abmessungen extrem hohe Leistung liefern kann, werden mehrere Anschlüsse am und im Chip parallel geschaltet, um einen entsprechenden Stromdurchfluss zu ermöglichen. Direkt am IC fangen Elkos hoher Kapazität (1000 µF) Leistungsspitzen ab. Die Leiterbahnbreiten für die Spannungsversorgung ergeben sich aus dem hohen Stromfluss. Minimale Abweichungen von den Her-

stellervorgaben lassen ein solches Projekt schnell scheitern. Daher ist das Layout entsprechend „kraftvoll“ ausgelegt. Die LC-Kombination an den Lautsprecherausgängen des ICs sind für die Betriebsart „Filterless Class D Operation“ ausgelegt. Bis zu einer Lautsprecher-Leitungslänge von ca. 1 m sorgen sie für eine ausreichende Reduktion der Oberwellen-Abstrahlung. Für eine noch stärkere Reduktion oder einen Betrieb mit Festfrequenz-PWM kann man die Filter-Bauteilwerte einer Tabelle im Datenblatt [2] entnehmen.

Ebenfalls auf der mittleren Platine befindet sich die Stromversorgung. Die an K4 angeschlossene Betriebsspannung von 11 bis 14 V wird durch IC5 auf 9 V für den TDA7449 und durch IC3 weiter auf 3,3 V für die Vorstufen des MAX9744 und den ATmeg8 reduziert. Die Diode D1 sorgt für einen Überspannungs- und Verpolschutz.

Bleibt noch die Schaltung der vordersten Platine mit dem LC-Display und dem IR-Empfänger in Bild 5, die über einen eigenen Spannungsregler (IC1) mit 5 V betrieben wird. Der Regler erhält an seinem Eingang über K15 die 9-V-Betriebsspannung von der darunterliegenden Endstufenplatine, die auch über R5 mit dem Anodenanschluss der über A2 und C1 in Reihe geschalteten LEDs der Hintergrundbeleuchtung verbunden sind. Das Schalten der Beleuchtung erfolgt über T1 vom Mikrocontroller aus. R6 ist dafür über K15, K2, K1 und K11 mit Pin 14 von IC7 verbunden. Über die gleichen Steckverbindungen gelangt auch das Ausgangssignal des IR-Empfängers zum Mikrocontroller.

Aufbau

Selbstbauprojekte mit SMD-Bauelementen gestalten sich prinzipiell schwieriger als solche mit bedrahteten Bauteilen. Obwohl der Umgang mit SMDs schnell und einfach erlernt werden kann, ist das Platieren des MAX9744 auch für Profi-Heißluftlötter eine Herausforderung. Um dieses Problem zu lösen, enthält der im Elektor-Shop [3] erhältliche Bausatz Platinen, die bereits SMD-vorbestückt und geprüft sind. Der Aufbau beschränkt sich daher auf die Bestückung der konventionellen Bauteile und auf den mechanischen Aufbau.

Die Anzeigeplatine wird durch Abstandshalter mechanisch auf die Endstufenplatine aufgeklickt. Die Anzeigeplatine mit dem IR-Empfänger lässt sich bei Bedarf über 80 mm langes 10-poliges Bandkabel abgesetzt betreiben. Endstufen- und Controllerplatine sind durch Buchsenleisten über Stifte miteinander verbunden (siehe Bilder 7 und 8). Auf der D-Verstärker- und auf der Controllerplatine sind jeweils gegenüberliegende 10-polige Buchsenleisten angeordnet. Aus einer 20-poligen Steckerleiste „entkernt“

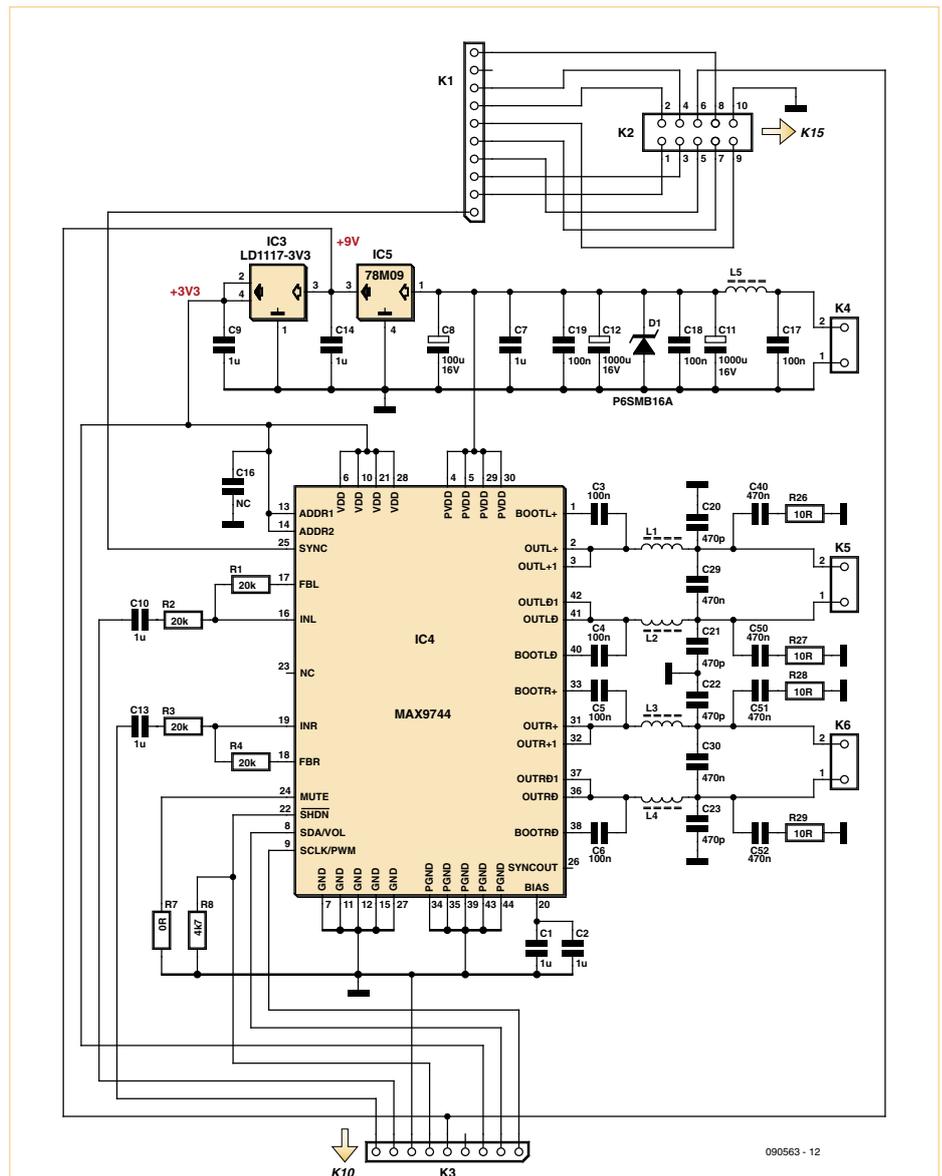


Bild 3. Schaltung des Klasse-D-Leistungsverstärkers mit dem MAX9744, der auf der mittleren Platine des Verstärker-Moduls untergebracht ist.

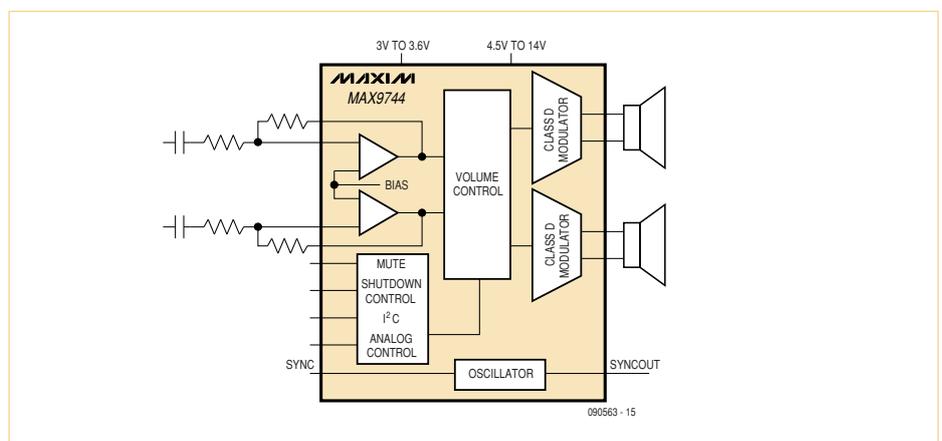


Bild 4. Prinzipschaltung des MAX9744. Durch den Logikpegel am Anschluss SYNC lässt sich die PWM-Betriebsart umschalten.

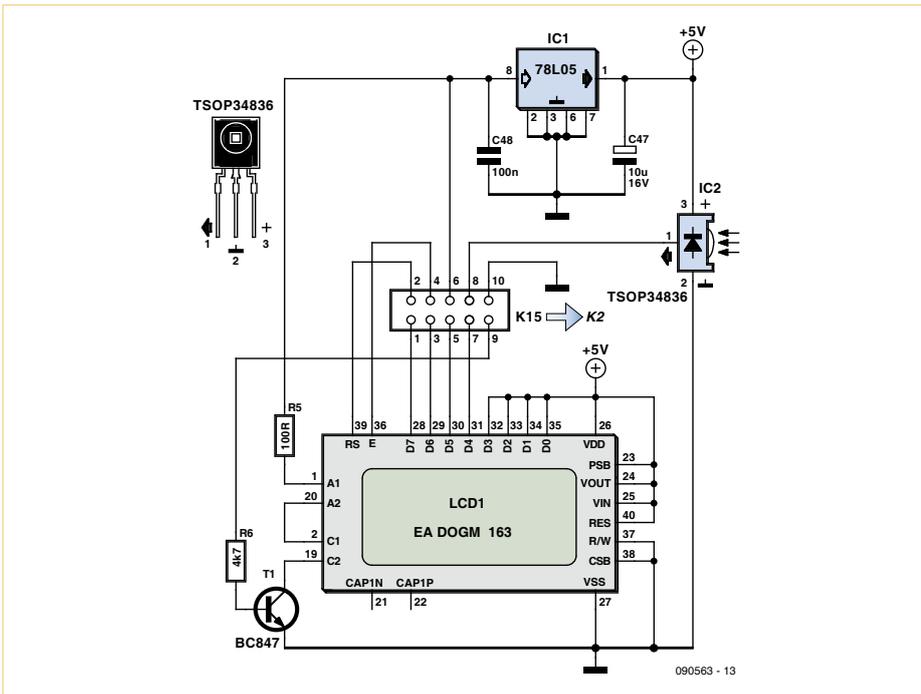


Bild 5. Schaltplan der Display-Platine, auf der sich auch der IR-Empfänger für die Fernbedienung befindet.

man die Stifte, die danach in die Buchsenleisten eingesteckt werden. Die Platinen sind so sicher und im richtigen Abstand miteinander verbunden. Der Standard-Audioeingang verfügt über Cinchbuchsen, Stromversorgung und Lautsprecher werden an die großzügig dimensionierten Kontaktblöcke angeklemt.

Auf der Unterseite der Controllerplatine können bei Bedarf die Anschlüsse für den Expansionsport (K7), die Programmierschnittstelle (K8 und K9) und den zweiten Stereoeingang (K12) mit den optionalen Stift- oder Buchsenleisten bestückt werden. Über den Expansionsport K7 lassen sich Tasten für Lautstärke, Muting, Bass und Höhen hinzufügen, was jedoch auch in der Software umgesetzt werden muss.

Stückliste

Widerstände:

- R7 = 0 Ω (SMD0603)
- R26, R27, R28, R29 = 10 Ω (SMD0603)
- R17, R18 = 22 Ω (SMD0603)
- R5 = 100 Ω (SMD0603)
- R22, R23 = 180 Ω (SMD0603)
- R15, R16 = 2k2 (SMD0603)
- R6, R8 = 4k7 (SMD0603)
- R9, R10, R19, R20, R21, R22, R24, R25 = 10 k (SMD0603)
- R1, R2, R3, R4 = 20 k (SMD0603)
- R11, R12, R13, R14 = 47 k (SMD0603)

Induktivitäten:

- L1, L2, L3, L4, L5 = UKW-Entstördrossel (6-Loch-Ferrit)

Kondensatoren:

- C44, C45 = 22 p (SMD0603)
- C20, C21, C22, C23 = 470 p (SMD0603)
- C33, C34 = 5n6 (SMD0603)
- C3, C4, C5, C6, C17, C18, C19, C41, C42, C43,

- C46, C48 = 100 n (SMD0603)
- C35, C38 = 150 n (SMD0603)
- C36, C39 = 330 n (SMD0603)
- C29, C30, C40, C50, C51, C52 = 470 n (0603)
- C1, C2, C7, C9, C10, C13, C14, C15, C24, C25, C26, C27, C28, C31, C32 = 1 μ (SMD0603)
- C37, C47, C49 = 10 μ/16 V (SMD Tantal Gehäuse B)
- C8 = 100 μ/16 V radial
- C11, C12 = 1000 μ/16 V radial

Halbleiter:

- D1 = P6SMB16A (SMB)
- T1 = BC847 (SOT23)
- IC1 = 78L05 (SO8)
- IC2 = TSOP34836
- IC3 = LD1117-3V3 (SMD SOT223)
- IC4 = MAX9744 (MLF44)
- IC5 = 78M09 (DPAK)
- IC6 = TDA7449 (DIL20)
- IC7 = ATMEGA8-16 (TQFP32) (programmiert)
- X1 = 8-MHz-Quarz (HC49U-V)

Außerdem:

- LCD1 = EA DOGM 163 mit Backlight
- K1, K3, K10, K11 = 10pol. Buchsenleiste gerade RM 2,54 Höhe 8,5 mm
- K2 = 10-adriges Flachkabel 14 cm Länge
- K4, K5, K6 = Klemmverbinder SPRINGCON 6polig RM 5,0 mm
- K7 = Expansionsport (optional)
- K8, K9 = ISP-Programmierschnittstelle für Mega8 2x3polig (optional)
- K13, K14 = Cinchbuchse für Platinenmontage, RM 7,5 mm
- 4 Stück Platinen Kunststoff-Abstandshalter 4,8mm
- Stiftleiste 20polig

Bauteilsatz mit fertig SMD-bestückten Platinen und allen Bauteilen EPS 090563-71 (siehe Elektor-Shop-Anzeige oder www.elektor.de/090563)

Platinen-Layout-Download unter www.elektor.de/090563

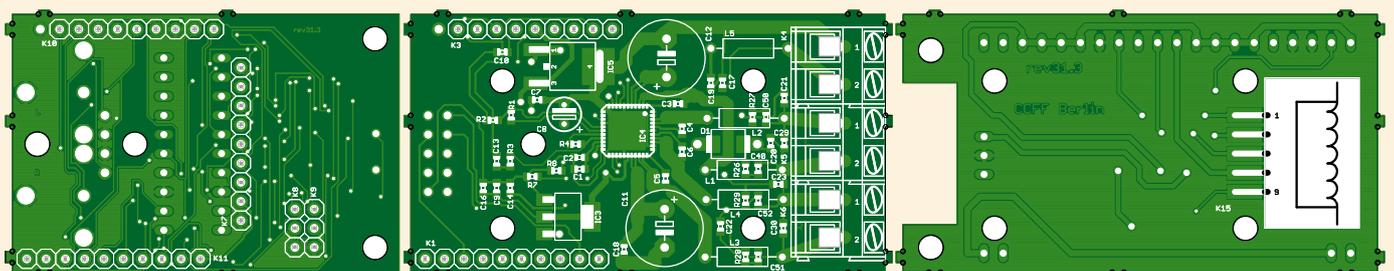


Bild 6. Die drei übereinander zu montierenden Platinen: Display-Platine, Endstufenplatine und Controllerplatine.

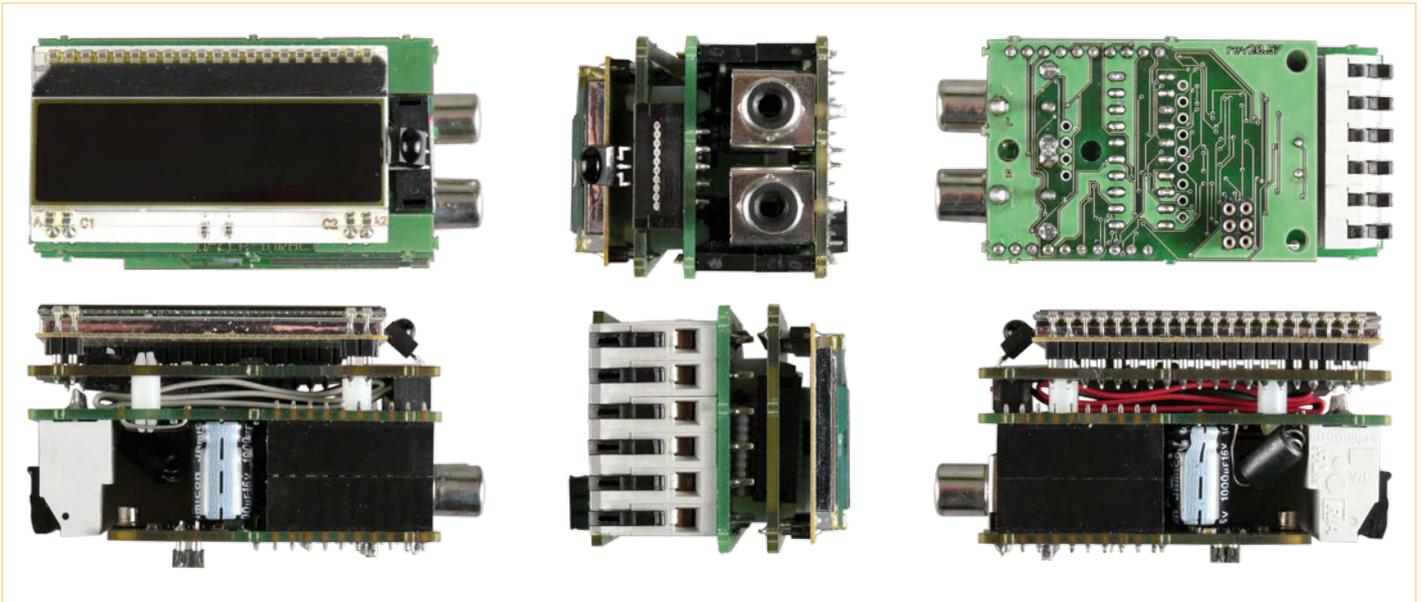


Bild 7. Das Modul D von allen Seiten.

Software

Die Software für den ATmega wurde mit WinAVR-GCC entwickelt und liegt als kommentierter, downloadbarer Quellcode vor, so dass man die Firmware den eigenen Wünschen und Anforderungen anpassen kann. Das kompilierte Programm (Hexfile) ist im Download von der Elektor-Website [3] und der Website des Autors [4] in zwei Versionen enthalten, je nach dem gewünschten Betriebsmodus des MAX9744. Normalerweise verwendet man das Hexfile ClassDV01.00Filterless.hex, das den Verstärkerchip auf Spread-Spectrum-Modulation der PWM einstellt. Die Init-Routine zur Initialisierung dieser Betriebsart wird mit `max9744init(MAX9744_FILTERLESS);` aufgerufen.

Für die Betriebsart „PWM output mode“ und „fixed-frequency modulation mode“ wird in main.c die Init-Routine des MAX9744 mit `max9744init(MAX9744_PWM);` aufgerufen. Im Download heißt das entsprechende Hexfile ClassDV01.00PWM.hex. Bei Verwendung dieser Firmware-Version müssen die Lautsprecher-Ausgangsfilter aber mit den im Datenblatt für diese Betriebsart angegebenen Bauteilwerten bestückt werden.

Das Hexfile kann sofort mit einem Programmer, beispielsweise [4] oder [5], in den Mikrocontroller geladen werden. Ein Screenshot im Download-Zip zeigt die dafür wichtige Einstellung der Fuses. Im Bausatz ist der Controller bereits bestückt und programmiert (mit ClassDV01.00Filterless.hex). Der programmierte Atmega8 initialisiert den MAX9744 und den TDA7449,

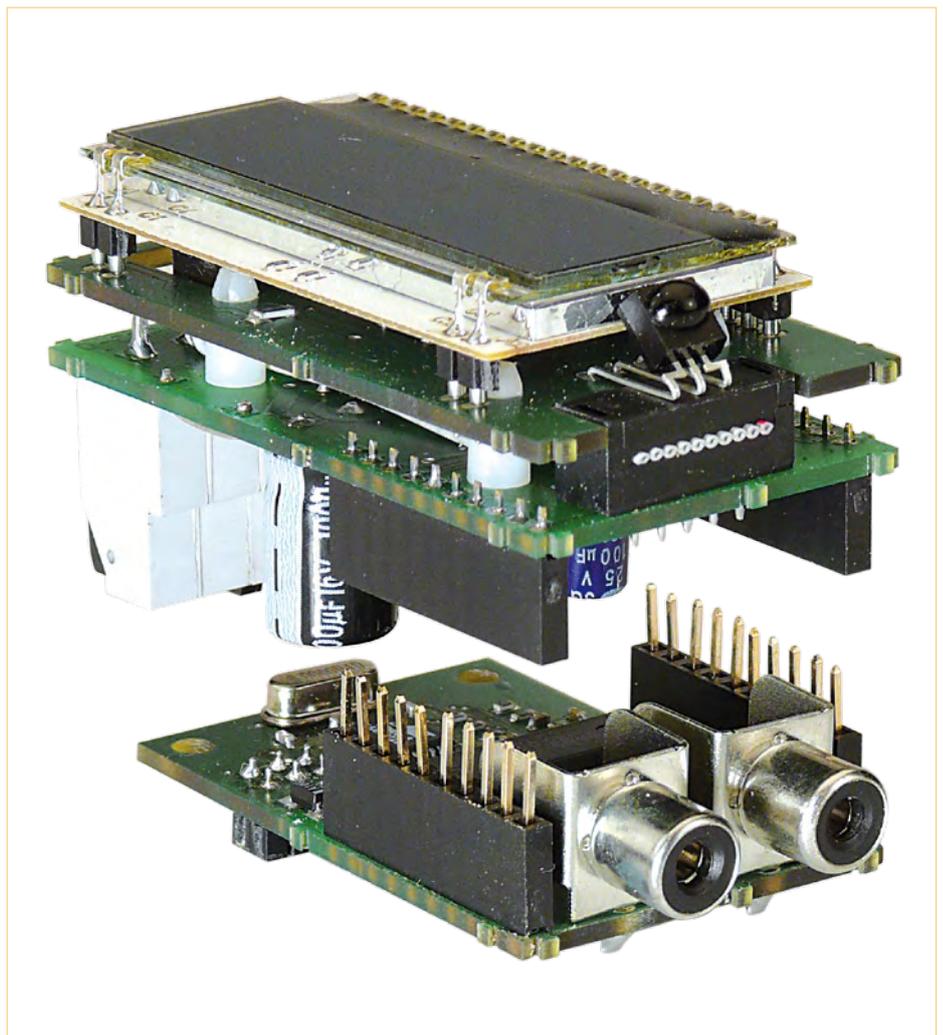


Bild 8. Endstufen- und Controllerplatine sind durch Buchsenleisten und Stifte miteinander verbunden.



Bild 9. Nach dem Einschalten erscheint dieser Begrüßungstext.

wertet die empfangenen IR-Befehle aus und steuert das LC-Display. Die Software reagiert auf RC5-Fernbedienungssignale. Die Zuordnung von RC5-Geräteadresse und RC5-Befehlen erfolgt in main.h.

Test und Betrieb

Es empfiehlt sich, das Modulo D an einem Netzteil mit Strombegrenzung auf ca. 0,2 A in Betrieb zu nehmen, wobei noch keine Lautsprecher angeschlossen sind.

Die Stromaufnahme sollte jetzt etwa 120 mA betragen. Auf dem Display sollte zuerst der Begrüßungstext (**Bild 9**) und nach etwa 5 s die Anzeige der Lautstärkeeinstellung (**Bild 10**) zu sehen sein.

Danach kann man schon einmal ausprobieren, ob das Modul auf Befehle einer RC5-kompatiblen IR-Fernbedienung reagiert. Auf einer RC5-Universal-Fernbedienung hat man folgende Tastenzuordnung: Lautstärke = Volume ±, Bass = 1 und 4, Höhen = 3 und

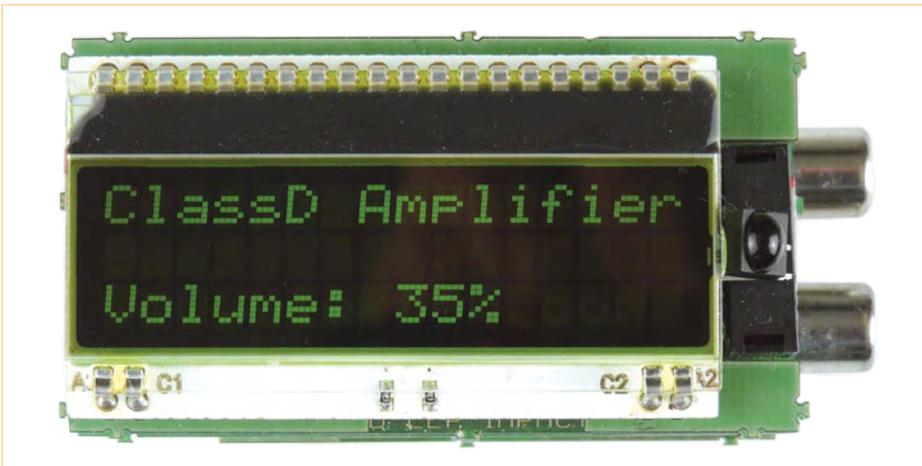


Bild 10. Nach etwa fünf Sekunden erscheint die Anzeige der Lautstärke.



6, Gain = Vorspulen und Rückspulen. Hat man noch keine passende Fernbedienung zur Hand, kann man den Verstärker trotzdem schon ausprobieren, da die Lautstärke defaultmässig nicht auf Minimum, sondern auf etwa 35 % eingestellt ist. Schließt man über den Cincheingang ein Signal mit Linepegel an, muss es über die jetzt angeschlossenen Lautsprecher in jedem Fall zu hören sein. Beim Anschluss der Lautsprecher Zu beachten ist außerdem die Empfehlung für die maximale Länge der Lautsprecherkabel (ca. 1 m bei Standard-Ausgangsfiler, siehe auch Datenblatt des MAX9744).

Wie in den Messwerten des Elektor-Labors angeben, wird die maximale Leistung von 2 x 22 W nur an 4-Ω-Lautsprechern und bei 14 V Betriebsspannung erzielt. Also zum Beispiel an einem gut geladenen 12-V-Autoakku oder an einem 14-V-Netzteil, das mit bis zu 5 A belastbar ist. Für etwas weniger Leistung genügt auch ein 12-V-Netzteil mit 4 A.

Die Ausgangsstufen des MAX9744 arbeiten bereits in Brückenschaltung, so dass es nicht möglich ist, die Lautsprecher zwischen R und L zu schalten, um die doppelte Leistung (also 40 W) in Mono zu erzielen.

Die kompakte Bauweise ermöglicht Einsatzgebiete, die sonst nur schwer abzudecken sind, zum Beispiel im Bereich Modellbau, für iPod-Stationen oder tragbare Soundmaschinen mit Bleigel-Akku. Des weiteren gibt es auch die Möglichkeit, den Expansionsport zu nutzen, um zum Beispiel einen MP3-Spieler mit zu integrieren. Der Wiedergabe der eigenen MP3-Sammlung stünde damit nichts mehr im Wege...

(090563)

Weblinks

- [1] www.st.com/stonline/products/literature/ds/6317.pdf
- [2] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9744.pdf>
- [3] www.elektor.de/090563
- [4] www.stange-distribution.de
- [5] www.elektor.de/080083

Workshop MSR über das Internet



➔ für Einsteiger

Wer hat nicht schon einmal den Gedanken gehabt, über das Internet etwas zu schalten? Und sei es nur die Heizung, die Überwachung des Stromzählers oder den 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 wie oft kann das teuer erworbene Gerät genau das, was man jetzt noch zusätzlich möchte – eben nicht. Und ist es nicht viel interessanter, wenn man seine eigene Entwicklung über das Internet steuert? Wenn Sie wissen wollen, wie ein Web-Server mit angeschlossener Hardware (Device-Server) in Visual Basic programmiert wird, dann sind Sie bei diesem Workshop genau richtig.

Veranstaltungsorte/-termine:

Hannover	24.03.2010
Luzern (CH)	10.06.2010
Leipzig	17.06.2010
München	21.10.2010
Frankfurt am Main	28.10.2010

Teilnahmegebühr: 299,00 Euro

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

383,00 Euro (inkl. Hardware-Erwerb)

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



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

gie tec
Alu-Profilgehäuse

- Elektronik- und 19-Zoll Gehäuse aus Alu-Strangpressprofil, eloxiert
- Individuelle Gehäuseabmessungen
- Vertrieb von isel-/proMa Profilgehäusen und 19-Zoll-Technik

www.gie-tec.de
Gie-Tec GmbH 36132 Eiterfeld 06672/919910

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.decision-computer.de

**www.
elektor.
de**

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

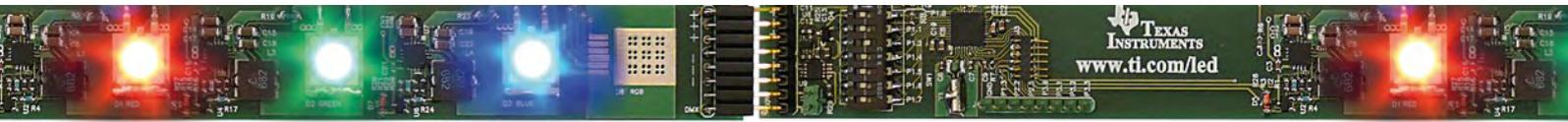
Rufen Sie uns an: +49 (2681) 4662 Email: euro@eurocircuits.com
Testen Sie unsere neuen Services
Besuchen Sie uns auf der Embedded World 2010 – Halle 12 – Stand 255

ALLE SERVICES

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

www.eurocircuits.de

LED-Mix mit DMX



Dreikanal-DMX512-A-Empfänger

Von Dirk Gehrke und Walter Nitzold

Im Bereich Bühnenbeleuchtung ist das DMX512-A-System schon seit längerem etabliert. Auch für die Beleuchtungstechnik in Gebäuden findet dieser Standard zunehmend Verwendung. Die hier gezeigte DMX512-LED-Lichtsteuerung verwendet einen MSP430-Mikrocontroller von TI, der für die DMX-Buskommunikation und die PWM-Steuerung von drei LED-Leistungstreibern sorgt. Die DMX-Adresse lässt sich über DIP-Schalter einstellen.

DMX512, auch bekannt als DMX oder DMX512/1990, ist ein digitales Steuerprotokoll. Es beschreibt eine serielle Datenübertragung zwischen Controllern, Beleuchtungsequipment und Beleuchtungszubehör. Es basiert auf dem RS485 Interface, bekannt aus dem Industriebereich, welches bedingt durch den symmetrischen Datenübertragungstransfer eine hohe Störfestigkeit sicherstellt.

Über die Verbindung kann somit ein Link zwischen einem Controller zu einem oder mehreren Empfängern hergestellt werden, wobei die Entfernung in der Praxis nicht über 455 m liegen sollte, auch wenn das theoretisch erreichbare Maximum bei 1 km liegt. Die Datenrate beträgt typischer-

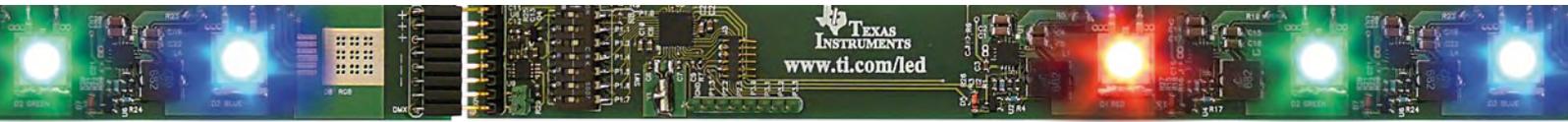
weise 250 kbit/s und besteht aus Paketen von bis zu 513 Bytes. Diese Datenrate und Paketgröße erlaubt eine Wiederholrate von 44 Hz für ein 513 Byte großes Paket. Wie schon die Bezeichnung des Standards andeutet, können bis zu 512 Kanäle individuell angesteuert werden, wobei jeder Kanal eine Auflösung von 8 bit aufweist. Maximal 32 Empfänger können in Serienkonfiguration (Daisy Chain) verschaltet werden. Soll eine längere Serienverschaltung realisiert werden, so ist ein sogenannter Repeater zwischenschalten. Jede Serienkonfiguration muss mit einem 120-Ω-Abschlusswiderstand (Termination Resistor) abgeschlossen werden, um Signalreflexionen zu vermeiden. Bezüglich der zu verwendenden Verkabelung

gibt es auch Empfehlungen, die in der Praxis jedoch nicht immer eingehalten werden. Als Verbindung kommen entweder die 5-poligen oder 3-polige XLR-Stecker und XLR-Kupplungen zum Einsatz.

Im Gegensatz zum Audio-Equipment im Bühnenbereich sind bei DMX die Sender mit einer XLR-Buchse (weiblich) und die Empfänger mit einem XLR-Stecker (männlich) ausgestattet.

LED-Wallwasher

Ein Wallwasher ist ein Wandfluter, also eine Lichtleiste, die von unten oder oben eine Wand beleuchtet. In dem hier vorgestellten Projekt besteht die Lichtleiste aus einer streifenförmigen Platine mit drei 350-mA-



Leistungs-LEDs, wobei sich mehrere dieser Platinen aneinanderreihen lassen.

Für diese Anwendung wurde ein dreikanaliger DMX512-A-Empfänger realisiert, der ein DMX512-A-Signal auswertet und mit einer per DIP-Schalter eingestellten Adressierung vergleicht. Anschließend gibt er drei 8-bit-PWM-Signale zur Ansteuerung von Konstantstromtreibern aus.

Wie das Blockschaltbild in **Bild 1** zeigt, wird als Schlüsselkomponente ein MSP430 eingesetzt, der über einen RS485-Empfängerbaustein ein Logiksignal erhält. Wie schon erwähnt, sind 5-polige XLR-Stecker laut Spezifikation zu bevorzugen, in der Praxis kommen aber meist 3-polige XLR-Stecker zum Einsatz. Deshalb sind im Schaltplan der Adapterplatine zum Anschluss der DMX-Kabel (**Bild 2**) auch 3-polige XLR-Buchsen beziehungsweise Stecker gezeichnet.

Die Stromversorgung übernimmt ein handelsübliches Steckernetzteil, das 12 V Gleichspannung und 1 A liefert und an J1 (Netzteilbuchse) der Adapterplatine angeschlossen wird. Auf dem Board (siehe Schaltplan **Bild 3**) werden alle drei Konstantstromquellen direkt aus dieser Spannungsquelle betrieben. Der RS485-Baustein U9 wird über den Linearregler U8 (TPS71550) mit

Tabelle 1.
Verbindung JTAG nach DMX-Board

MSP430-JTAG-Stecker-Pin	DMX512-A-Board-Stecker-Pin (J3)
NC	1
9	2
1	3
7	4
4	5
NC	6

NC = Not Connected (nicht angeschlossen)

einer Spannung von 5 V versorgt. Mittels Vorwiderstand R25 und Z-Diode D4 werden die 5 V auf ca. 3,3 V für die Versorgung des MSP430F2274 reduziert.

Beschaltung des MSP430

Die 3,3-V-Spannung wird über Filterkondensatoren zwischen AVcc und Masse sowie DVcc und Masse geschaltet. Ein Pull-up-Widerstand am Reset-Pin sorgt in Verbindung mit der Reset-Leitung des Programmieradapters für einen kontrollierten Start im Programmier- und im Stand-alone-Betrieb. Zusätzliche Ports für eine eventu-

elle Erweiterung der Applikation sind auf die Steckkontaktleisten J3 und J4 herausgeführt. Dadurch stehen dem Anwender ein weiteres Kommunikationsmodul (UC1), drei Analog-Digitalwandler-Eingänge (A0, A1 und A2) oder wahlweise acht Parallelports zur Verfügung.

Für die Programmierung wurde wegen der schmalen Platinenform auf Spy-by-Wire als Schnittstelle zurückgegriffen. Diese Verbindung benötigt nur wenige Leitungen, ist aber trotzdem voll programmier- und debugfähig. Dadurch konnte der angestrebten schmalen Bauform für Aluminiumprofile Rechnung getragen und der 14-polige JTAG-Stecker eingespart werden.

Um das Board programmieren zu können, muss daher eine Adapterlösung von einer 14-poligen JTAG- auf eine 6-polige Mill-Max-Kupplung realisiert werden, deren Anschlussbelegung in **Tabelle 1** angegeben ist.

Um dem jeweiligen Board/Receiver eine Adresse im DMX-Frame mitteilen zu können, bedarf es einer Eingabemöglichkeit. Diese wurde auf dem Board in Form eines DIP-Schalter realisiert, womit die Position über eine binäre Codierung eingestellt werden kann. Die Konstantstromquellen U1, U5 und U7 können mittels Enable-Signal

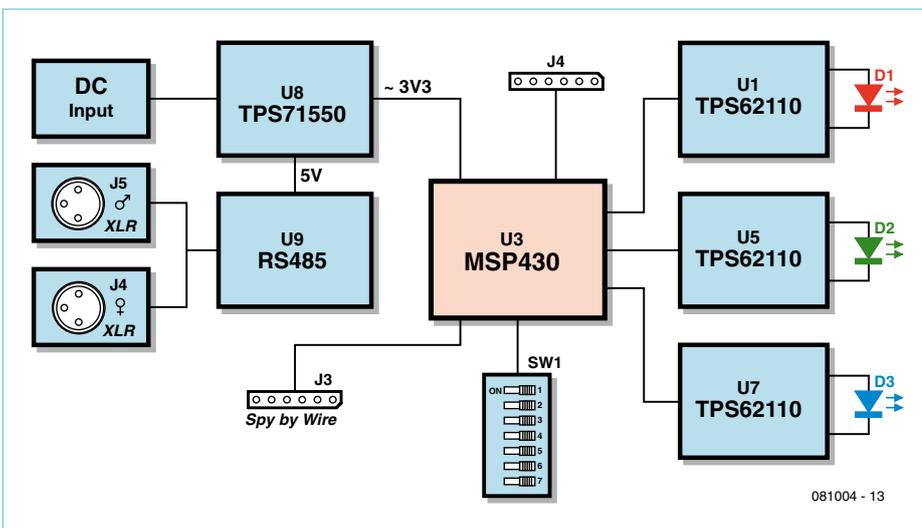


Bild 1. Blockdiagramm der DMX512-Dreikanallösung.

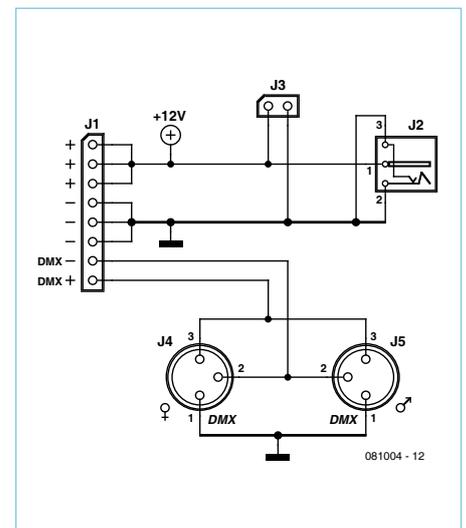


Bild 2. Schaltung der Adapterplatine für den DMX- und Netzteilanschluss.

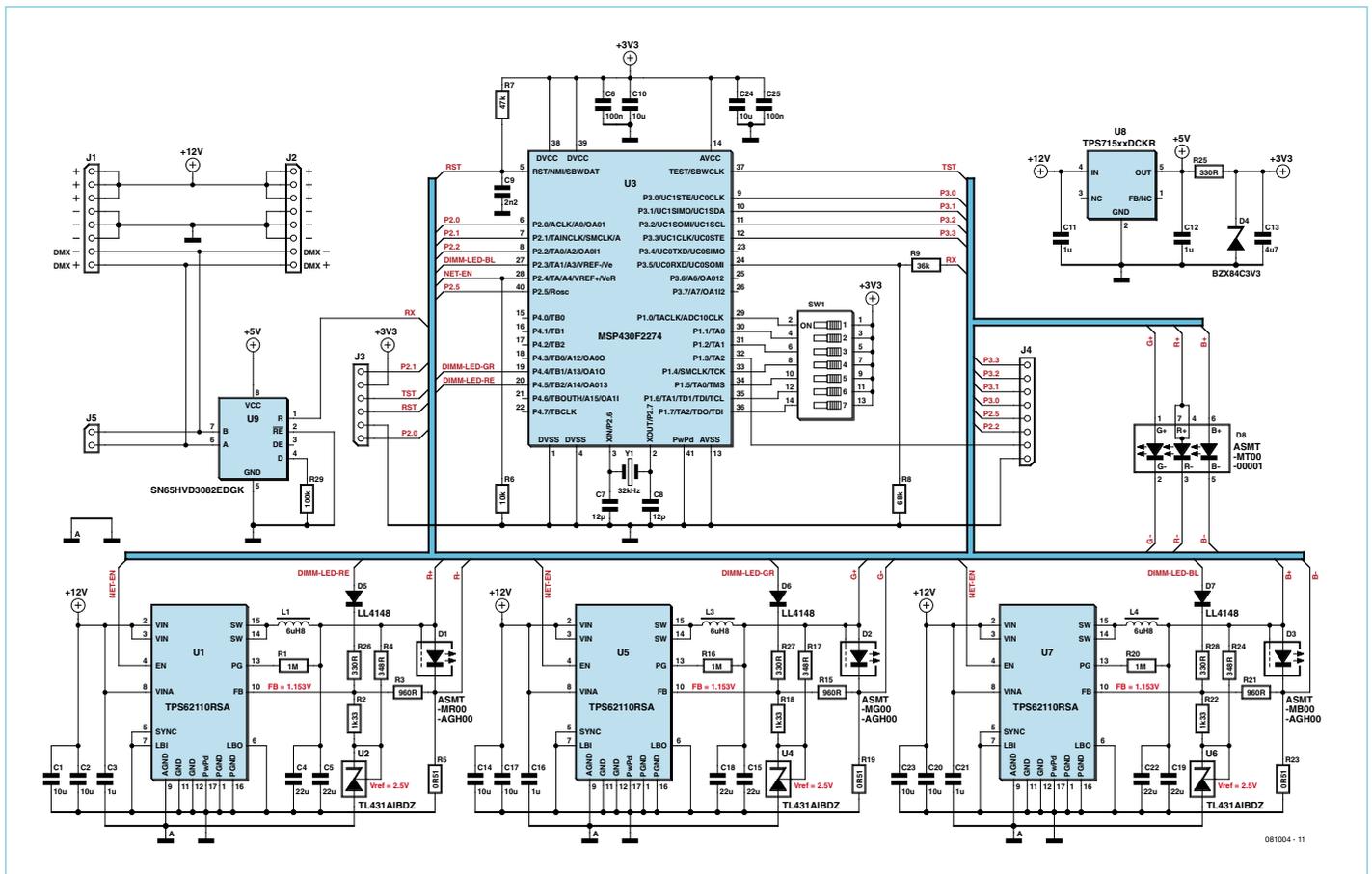


Bild 3. Der vollständige Schaltplan des Dreikanal-DMX512-A-Empfängers.

an P2.4 ein- und ausgeschaltet werden. Zum Empfang des DMX-Signals wird ein USCI-Modul (UC0) des MSP430 verwendet. Da das DMX-Bussignal auf dem RS485-Standard basiert, das USCI-Modul allerdings nur RS232-Signale verarbeiten kann, muss eine Signalwandlung vorgenommen werden. Dafür wurde der Pegelwandler SN65HVD3082E (U9) verwendet. Für die Ansteuerung der Konstantstromquellen U1, U5 und U7 mittels veränderbarer PWM wurden die Timermodule A und B des MSP430F2274 genutzt. Mittels Software können jedoch bis zu drei PWM-Signale mit den zwei Timermodulen realisiert werden (siehe „RGB-LED-Stimmungslicht“ in Elektor 2/2008).

Konstantstromquellen

Zur Realisierung der drei Konstantstromquellen wurde ein synchroner Abwärts-wandler mit integrierten Leistungsschaltern vom Typ TPS62110 verwendet. Bild 4 zeigt die Teilschaltung mit U1. Bedingt durch die hohe Schaltfrequenz von 1 MHz fallen die externen Bauteile wie die Spule L1 mit 6,8 µH und der Ausgangskondensator (Par-

allelschaltung C4/C5 mit je 22 µF) entsprechend klein aus. Der Leistungsteil kann einen Spitzenschaltstrom von 2,4 A stemmen, so dass Leistungs-LEDs mit einem Konstantstrom von bis zu 1,5 A betrieben werden könnten. In der hier realisierten Schaltung ist ein Strom von lediglich 350 mA eingestellt. Diese Parameter können über einen Eingangsspannungsbereich von 5 bis 17 V realisiert werden.

Der Abwärts-wandler U1 ist nicht als Spannungsregler, sondern als Konstantstromquelle konfiguriert. Anstelle eines Spannungsteilers wird ein Sensewiderstand eingesetzt, an dem sich ein zum Strom proportionaler Spannungsabfall einstellt. Da der Schaltwandler als Fehlerverstärkerreferenzspannung einen Wert von 1,153 V zur Ausregelung benötigt, würde die Verlustleistung am Sensewiderstand R5 recht hoch ausfallen, da für einen Konstantstrom von 350 mA ein Wert von 3,3 Ω und für einen Strom von 1,5 A ein Wert von 0,8 Ω nötig wäre – gepaart mit einer Verlustleistung von 0,4 bzw. 1,7 W. Um diese Verlustleistung an R5 zu verringern, wurde ein kleiner Schaltungstrick angewandt: Der Fehlerver-

stärker erhält mittels einer externen Referenzspannung eine kleine Vorspannung, um den Spannungsabfall an R5 um den Wert der Vorspannung reduzieren zu können. In der in Bild 2 realisierten Schaltung beträgt der Widerstandswert 0,51 Ω, was bei 350 mA einen Spannungsabfall von 179 mV und eine Verlustleistung von lediglich 63 mW an R5 ergibt. Für höhere Ströme kann R5 noch kleiner gewählt werden.

Der Nachteil dieser Lösung ist eine verringerte Genauigkeit der Regelung, was bei einem Lastsprung an einer Verschiebung des Sollstromwertes zu erkennen ist. Bei einem Wert von 0,51 Ω für R5 erzielt man bei 500 mA eine Genauigkeit von 10 %, bei 1 A von 5 % und bei 2 A von 2 %. Die Anpassung der Dimensionierung für verschiedene Ströme ist im Textkasten angegeben. Da der TPS62110 bis 17 V spannungsfest ist, lassen sich auch LEDs in Serie schalten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Vorwärtsspannung V_f der LEDs zusammen mit dem Spannungsabfall an R5 kleiner sein muss als die an den Schaltwandler angelegte Eingangsspannung. Zudem müssen



C4 und C5 entsprechend der höheren Ausgangsspannung auch eine höhere Spannungsfestigkeit aufweisen. Die Stromquellschaltung ist mit U1, U5 und U7 in dreifacher Ausführung und identischer Dimensionierung aufgebaut, um eine rote, grüne und blaue Hochleistungs-LED ansteuern zu können.

Software

Der Ablauf des Programms gliedert sich in zwei Abschnitte. Zu Beginn wird eine Initialisierung der Module des MSP430 vorgenommen, um anschließend mit dem Empfang und der Auswertung des DMX-Protokolls beginnen zu können.

Zu den initialisierten Modulen gehören Timer A und B für die Erzeugung der PWM-Signale, Parallelport 1 für die Auswertung der Adresse der Daten im DMX-Frame und USCI Modul UC0 für den Empfang der DMX-Daten. Außerdem wird mittels der im InfoMemory des MSP430 gespeicherten Kalibrationsdaten das Clockmodul auf einen Systemtakt von 8 MHz eingestellt.

Die Timer werden im Continuous-Mode betrieben und direkt von der Main-Clock gespeist. Für die Erzeugung der PWM wird hier die sogenannte Output-Unit der Timer genutzt, die bis in den Low-Power-Mode 3 ohne Einwirkung der CPU eine PWM generiert.

Für ein funktionierendes Interface zur Peripherie müssen die genutzten Ports ebenso initialisiert werden. Dazu wird die Peripheral-Module-Function der Timer- und USCI-Ports selektiert. Für die Adresseingabe ist der DIP-Schalter an Port 1 angeschlossen. Dieser muss dafür als Eingang und in Parallelport-Funktion initialisiert werden. Eine Besonderheit besteht darin, dass extern keine weitere Beschaltung in Form von Pull-up/down-Widerständen realisiert werden muss, da sie beim MSP430 bereits in der Eingangstufe der Ports implementiert sind. Um den Energieverbrauch zu senken, werden alle nicht benötigten Portpins als Output konfiguriert. Das verhindert durch das Setzen auf ein festes Potential eventuelle Querströme in den CMOS-Eingangsstrukturen.

Die Codierung des DIP-Schalters ist binär. Die Nummer der angestrebten Adresse ist

daher in ihre binäre Entsprechung umzuwandeln, was mit jedem (Scientific-)Taschenrechner möglich. Dabei ist aber ein kleiner Bug im Design zu berücksichtigen: Pin P1.3/TA2 wurde versehentlich nicht auf den DIP-Schalter SW1, sondern an die Stiftleiste J4 geführt, was einen Sprung in der DMX-Adressierung verursacht. Mit folgender Formel wird dieser Fehler umgangen:

Resultierende Adresse im DMX-Frame = DIP-Schalter + 8 * (DIP-Schalter DIV 8) DIV ist hierbei eine Ganzzahl-Division. Stellt man also am DIP-Schalter eine Adresse ein, kann man mit der Formel ermitteln, welcher Slot im DMX-Frame evaluiert wird. Für den einfachen Einstieg ist im Software-Download zu diesem Projekt eine Tabelle mit den Schalterstellungen enthalten. Die

Stromquellen-Dimensionierung

Nachdem für die Schaltung in Bild 2 der gewünschte Strom, beispielsweise 350 mA, festgelegt und ein Wert für R_s bestimmt wurde, kann mit der Berechnung des Netzwerkes (mit R_2 und R_3) begonnen werden, wobei immer ein Kompromiss zwischen Genauigkeit und Verlustleistung (an R_5) gemacht werden muss. Ein steigender Spannungsabfall an R_5 geht mit einer höheren Genauigkeit einher, erzeugt aber auch eine höhere Verlustleistung. Bei der nachfolgenden Berechnung wurde der Strom durch den Spannungsteiler auf 1 mA festgelegt.

$$V_{Sense} = I_{LED} \times R_5 = 350 \text{ mA} \times 510 \text{ m}\Omega = 179 \text{ mV}$$

$$V_{R3} = V_{FB} - V_{Sense} = 1,153 \text{ V} - 0,179 \text{ V} = 0,974 \text{ V}$$

$$R_3 = \frac{V_{R3}}{1 \text{ mA}} = \frac{974 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 974 \Omega \quad \rightarrow \text{gewählt: } 887 \Omega$$

$$V_{R2} = V_{REF} - V_{FB} = 2,5 \text{ V} - 1,153 \text{ V} = 1,347 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{V_{R2}}{1 \text{ mA}} = \frac{1,347 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 1,347 \text{ k}\Omega \quad \rightarrow \text{gewählt: } 1 \text{ k}33$$

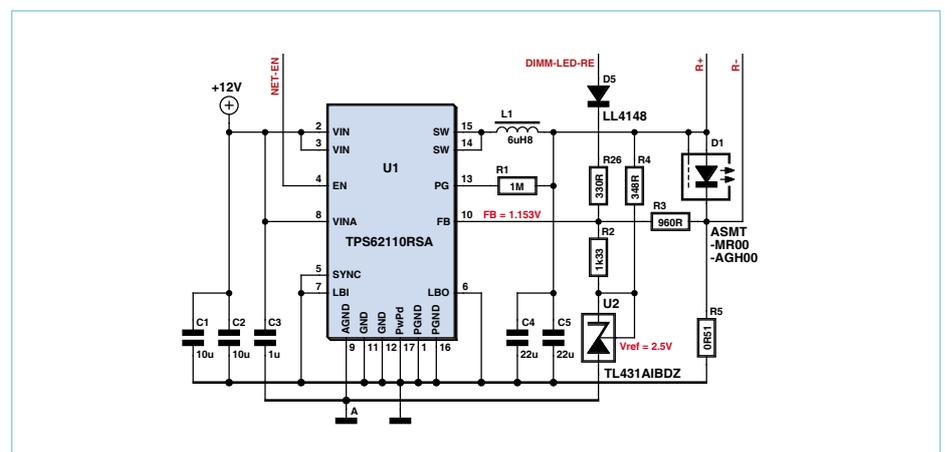


Bild 4. Konstantstromquelle mit dem TPS62110.

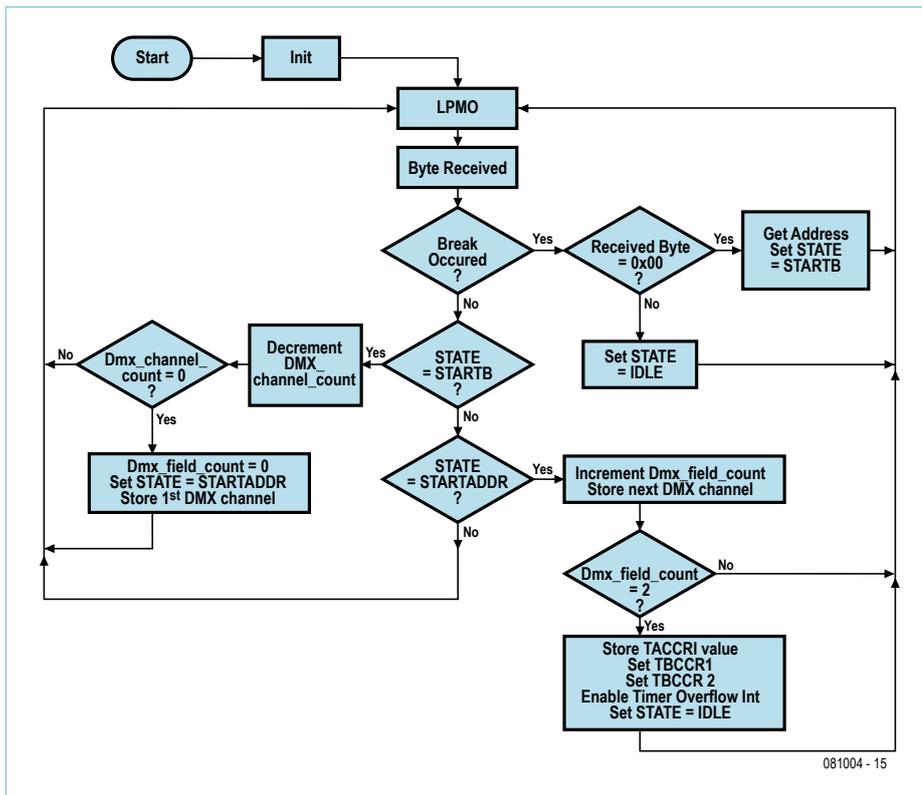


Bild 5. Programmablaufplan der Statemachine.

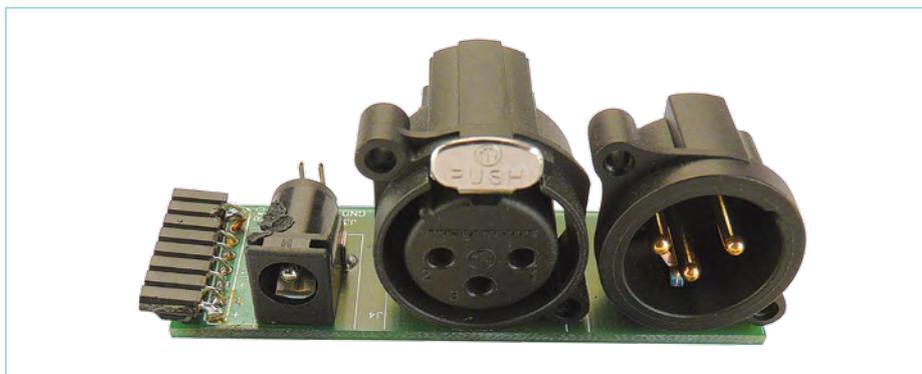
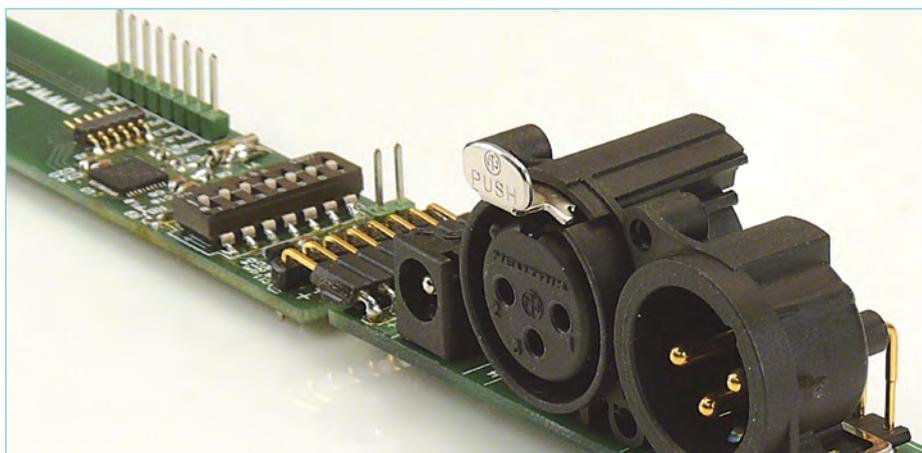


Bild 6. Die Adapterplatine mit XLR-Anschlüssen und Netzteilbuche.



dort angegebenen binären Eingabemuster können am DIP-Schalter direkt eingestellt werden. Wenn man den zuvor genannten Fehler beim Anschluss von SW1 beim Aufbau beseitigt, kann die Formel für den Sprung entfallen.

Für den Empfang des DMX-Signals muss das USCI-Modul richtig konfiguriert werden. Hierbei ist vor allem die Einstellung der richtigen Baudrate wichtig. Der DMX-Standard schreibt eine Baudrate von 250 kbit/s vor. Bei einem Systemtakt von 8 MHz errechnet sich der Teiler für den Baudratengenerator leicht zu $m = 8 \text{ MHz} / 250 \text{ kHz} = 32$. Da der Takt ganzzahlig teilbar ist, muss keine Modulation verwendet werden. Zur Synchronisation des MSP430 auf das DMX-Frame wird das Auftreten eines BREAK-Fehlers im Protokoll genutzt. Um die Auswertung zu ermöglichen, muss der Empfang fehlerbehafteter Zeichen im USCI-Modul aktiviert werden.

Sind alle Initialisierungen getätigt, werden die Timer gestartet und der MSP430 in LPM0 versetzt. Aus dem LPM0 wird er nur bei Eintreffen eines neuen Zeichens geweckt. Nun muss sich der MSP430 mit dem Beginn des DMX-Frames synchronisieren. Dazu wird die Tatsache ausgenutzt, dass am Ende eines Frames ein BREAK-Error entsteht, weil der Sender ein sogenanntes „Space for Break“ sendet, das laut Standard mindestens 88 µs lang sein muss. Dieser Fehler wird vom USCI-Modul bei Eintreffen des nächsten Zeichens angezeigt und kann danach softwareseitig als Beginn des Frames interpretiert werden.

Bei jedem Eintreffen eines Zeichens werden die USCI-Status- und Datenregister in Variablen gesichert, um diese in der Statemachine auszuwerten beziehungsweise weiter zu benutzen.

Es folgt die Überprüfung des ersten Wertes in Slot0 (der sogenannte Startcode). Ist er gleich Null, darf weiter empfangen werden, da dies die Kennung für Dimmerapplikationen ist. Die am DIP-Schalter eingestellte Adresse der Daten im DMX-Frame wird eingelesen und der Folgezustand initialisiert. Nun werden die empfangenen Slots abgezählt und mit der eingelesenen Adresse abgeglichen. Bei Erreichen des ersten Dim-

Die Autoren

Dipl. Ing. (FH) Dirk Gehrke, geboren in Münster (Westf.), studierte Nachrichtentechnik an der FH Dortmund. Er begann 1998 bei Texas Instruments und war als FAE (Field Application Engineer) in England, Frankreich, den USA und zuletzt in Deutschland (Freising) tätig. Seit 2006 ist dort er als EMEA (Europe, Middle East and Africa) Business Development Manager für analoge Produkte verantwortlich.

Kontakt: www.ti.com/europe/csc

Walter Nitzold studiert seit 2005 Elektrotechnik mit der Vertiefungsrichtung Nachrichtentechnik an der HTWK Leipzig. Während seines Studiums absolvierte er im Jahr 2008 ein Praktikum bei Texas Instruments in Freising in der Field Application Engineer Abteilung für MSP430. Danach folgte eine Anstellung am Forschungs- und Transferzentrum Leipzig mit dem Schwerpunkt der Softwareentwicklung für MSP430. Seit April 2009 arbeitet er an seiner Diplomarbeit im Bereich Mobile Communications. Er ist außerdem Stipendiat der Karl-Kolle-Stiftung.



Bild 7. Die Platine des DMX-Empfängers.

merkanals wird der Wert dieses und danach der der beiden folgenden Kanäle in einem Array gesichert. Sind alle Werte empfangen, können die Timerregister aktualisiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass ein Update der Register immer nur zum Überlauf des Timers geschieht, weil sonst ein asynchrones Schreiben der Register zum Flackern der LEDs führen kann. Im Falle von Timer B ist ein solches synchrones Update funktionaler Teil des Moduls und schon während der Initialisierung eingestellt worden. Für Timer A muss hier die Interrupt-Service-Routine des Timer-Overflow zu Hilfe genommen werden. Dafür wird der letzte Wert für den PWM-Kanal des Timers A in einer Variablen zwischengespeichert und das Interrupt-Enable-Flag für den Overflow gesetzt. Bei Auftreten des Interrupts kann nun innerhalb der ISR das Timerregister synchron zum Überlauf aktualisiert werden.

Die eigentlichen Werte, die bei Überlauf in die TxCCRx Register geschrieben werden, entsprechen dabei allerdings nicht den Werten aus dem DMX-Frame. Hier werden drei Arrays mit 256 Einträgen benutzt, die im Programmspeicher des MSP430 abgelegt sind. Die abgespeicherten Werte sind vom Datentyp „integer“, was einem Wertebereich von 0-65535 entspricht. Die Werte aus dem DMX-Frame werden hier nur als

Adressen innerhalb der Arrays genutzt, und die an den entsprechenden Adressen stehenden Werte werden in die Timerregister kopiert. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, in den Arrays LED-spezifische Helligkeitsverteilungen abzuspeichern und so eine lineare Helligkeitsänderung unabhängig von der Kennlinie der LED zu erzeugen.

Sind alle Timerregister aktualisiert, springt die State-machine des DMX-Empfängers wieder in den IDLE-Zustand des Starts und wartet auf den Beginn eines neuen DMX-Frames.

Der komplette Aufbau der State-machine ist in **Bild 5** dargestellt.

Platinen und Downloads

Bild 6 zeigt die Adapterplatine für den DMX- und Netzteilanschluss (Schaltplan in Bild 2). Die streifenförmige Platine mit dem 3-Kanal-DMX-Empfänger ist in **Bild 7** zu sehen (Schaltplan Bild 3). D1, D2 und D3 können als Einzel-LEDs (rot, grün, blau) bestückt oder (alternativ) durch eine einzelne RGB-LED ersetzt werden, indem man D8 bestückt (und D1 bis D3 nicht). Die Adapterplatine wird seitlich an die DMX-LED-Platine angesteckt. Am anderen Ende lässt sich ein weiteres DMX-Board anstecken und an dieses wieder ein weiteres.

Auf der Webseite zu diesem Artikel (www.elektor.de/081004) findet man ein Zip-File zum Download, die neben einer Excel-Datei mit der Stückliste (BOM) auch die Tabelle zur Adresseinstellung, den C-Code der Firmware, Gerber Files und die Schaltpläne & Platinendateien im PCAD-Format sowie auch PDFs mit den Platinenlayouts enthält.

Ausblick

Es gibt viele Ideen für Erweiterungen. So könnte man zwei 8-bit-DMX512-A-Kanäle kaskadieren und mittels MSP430 ein 16-bit-PWM-Signal zur Helligkeitsregelung zur Verfügung stellen. Des Weiteren könnten über ein IC vom Typ DRV88xx auch Schrittmotoren angesteuert werden. Für eine Erweiterung mit einem kabellosen Link, welcher mit einem RF2500T-Board aufgebaut werden könnte, ist bereits ein Steckkontakt (J4 auf dem DMX-Board) vorgesehen. Somit könnten Strecken ohne Verkabelung überwunden oder sogar batteriebetriebene Empfänger angesteuert werden.

Ebenfalls denkbar wäre die Erweiterung der Adressierung auf alle 512 Kanäle, die Adressanzeige durch ein LCD und die Adressänderung mit zwei Tastern oder einem Inkrementalgeber.

(081004)

Weblinks und Literatur:

www.OpenDMX.net (DMX-Open-Source-Projekte)

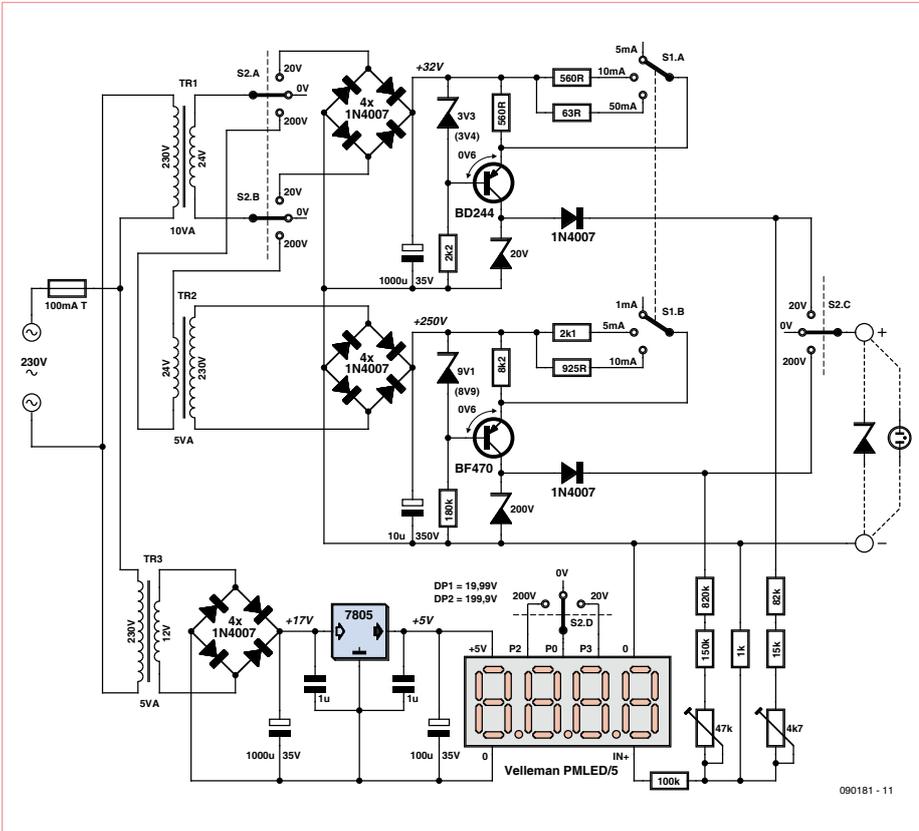
<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f2274.pdf>
(Datenblatt MSP430F2274)

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn65hvd3082e.pdf>
(Datenblatt SN65HVD3082E)

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl431a.pdf> (Datenblatt TL431A)

<http://focus.ti.com/lit/ug/slvs254/slvs254.pdf>
(User's Guide TPS62110EVM-346)

Z-Dioden-Tester



Von Jean Herman (Belgien)

Mit dem hier beschriebenen Tester lässt sich die korrekte Funktion von Z-Dioden mit Nennspannungen bis zu 200 V überprüfen. Außerdem kann man damit die Durchbruchspannung unbekannter Z-Dioden ermitteln. Bei dieser Gelegenheit: Nur bei Nennspannungen im Bereich 2...5,6 V spricht man vom Zener-Effekt - bei höheren Spannungen wird der Durchbruch durch den so genannten Avalanche-Effekt dominiert. Die mit einer Z-Diode erzielbare Spannungsstabilität wird von ihrem differentiellen Innenwiderstand und ihrem Temperaturgang beeinflusst. Deshalb kann man bei diesem Tester drei verschiedene Messströme einstellen.

Der differentielle Innenwiderstand errechnet sich zu $R_{INT} = dV/dI$. Dabei ergibt sich dI als Differenz der Messung zwei Ströme: Bei 5 mA und 10 mA beispielsweise ist $dI = 5$ mA. Außerdem werden die Spannungen bei diesen beiden Strömen erfasst. Bei einem 6,8-V-Exemplar könnten 6,9 V bei 10 mA und 6,6 V bei 5 mA auftreten, wobei dV dann 0,3 V beträgt. Folglich wäre in die-

sem Fall $R_{INT} = 0,3 \text{ V} / 5 \text{ mA} = 60 \Omega$.

Der Temperatur-Koeffizient ist stark von der Nennspannung abhängig. Idealerweise ist er bei den meisten Fabrikaten beim Nennwert von 5,6 V nahezu null. Unter diesem Wert wird er negativ und oberhalb entsprechend positiv. Den Temperaturgang kann man durch gleichzeitiges Messen der Durchbruchspannung und der Temperatur einschätzen.

Der Tester hat mit 0...20 V und 0...200 V zwei Spannungsbereiche mit jeweils unterschiedlichen Messströmen, was zwei unterschiedliche Trafos erfordert. Ein dritter Trafo dient lediglich der 5-V-Versorgung für das DVM-Modul. Für Schalter S2 eignet sich ein vierfacher Stufenschalter mit drei Stellungen. In der neutralen Mittelstellung ist die Messung ausgeschaltet.

20-V-Stellung

Trafo TR1 speist in der 20-V-Stellung von S2.A und S2.B einen Brückengleichrichter. Am folgenden Elko liegen dann rund 32 V Gleichspannung. Der Transistor BD244 ist mit Hilfe einer 3,3-V-Z-Diode als Stromquelle geschaltet. Mit S1.A lassen sich durch unterschiedliche Emitterwiderstände

Ströme von 5, 10 und 50 mA einstellen. Der Konstantstrom errechnet sich nach folgender Formel:

$$I_{\text{KONST}} = V_Z (3,4 \text{ V}) - V_{\text{BE}} (0,6 \text{ V}) / R_E$$

Eine zusätzliche 20-V-Z-Diode begrenzt die maximal auftretende Spannung idealerweise auf 19,9 V, damit die Anzeige des DVMs nicht überläuft. Notfalls muss man das „richtige“ Exemplar aus mehreren Z-Dioden selektieren. Eine Diode vom Typ 1N4007 schützt die Elektronik vor versehentlich angelegten Spannungen von außen.

200-V-Stellung

S2.A und S2.B leiten die sekundäre 24 V von TR1 an die sekundäre 24-V-Wicklung von TR2, der daraus dann doppelt isolierte 230 V an der Primärwicklung generiert. Bei TR2 handelt es sich um einen gewöhnlichen, „umgekehrt“ verwendeten 24-V-Netztrafo mit 5 VA. Der nachfolgende Brückengleichrichter macht daraus am Hochvolt-Elko eine Gleichspannung von mehr als 250 V. Hier dient der Transistor BF470 als Konstantstromquelle. PNP-Transistoren für hohe Spannungen sind selten. Der Typ BF470 wurde früher gerne als Videotreiber für Bildröhren eingesetzt. Mit S1.B wird über Emitter-Widerstände zwischen den drei Strömen 1, 5 und 10 mA umgeschaltet. Aufgrund der höheren Spannung werden niedrigere Messströme verwendet. Bei 10 mA entstehen am BF470 bei Kurzschluss der Ausgangsspannung immerhin gut 2,5 W an Wärme. Eine angeschlossene 200-V-Z-Diode muss bei 10 mA ordentliche 2 W aushalten.

0-V-Stellung

Das ist die neutrale Mittelstellung. Außer Z-Dioden kann man auch die Sperrspannungen gewöhnlicher Dioden sowie Gasentladungsröhren beziehungsweise Glimmstabilisatoren wie die Typen OA2, OB2 etc. überprüfen und Varistoren testen. Das DVM-Modul erlaubt eine genaue Messung der Durchbruchspannung und eine gute Einschätzung des Temperaturgangs. S2.D schaltet den Dezimalpunkt des Displays zwischen 19,99 und 199,9 um – der Messbereich wird automatisch über die Vorwiderstände des 1-k Ω -Widerstands angepasst. Man sollte unbedingt die Lötbrücke von Punkt P3 des Moduls entfernen.

(090181)

Platinenbelichter

Von Gert Baars (NL)

Das Anfertigen von Platinen nach Layoutvorlagen ist nicht jedermanns Sache, obwohl es eigentlich nicht schwierig ist. Die wichtigsten Werkzeuge sind ein Drucker (oder Kopierer), ein Belichter, fotoempfindliches Platinenmaterial, Chemikalien und ein Ätzgefäß. Häufig scheitert das Vorhaben, weil kein Belichter vorhanden ist.

Auf Papier gedruckte Vorlagen werden mit dem Kopierer auf Transparentfolie kopiert, Vorlagen in Form von Dateien werden über den Computer auf Transparentfolie gedruckt. Beim Drucken ist darauf zu achten, dass sich die Transparentfolie für das Druckverfahren (Tintenstrahl oder Laser) eignet. Zum Entwickeln belichteter Platinen wird Natriumhydroxid benötigt, geätzt werden die entwickelten Platinen mit Eisen-III-Chlorid. Ein Schaumätzgerät ist nicht unbedingt notwendig, eine flache Kunststoffschale kann den gleichen Zweck erfüllen. Mit dem Schaumätzgerät geht die Arbeit jedoch schneller von der Hand. Der Ätzvorgang wird abgekürzt, wenn das Ätzmittel eine Temperatur von etwa 40 °C hat.

Wie schon erwähnt, ist das Belichten die schwierigste Hürde auf dem Weg zur perfekten Platine. Früher wurden fotoempfindliche Leerplatinen mit aufgelegter Layoutfolie einige Zeit starkem Sonnenlicht ausgesetzt oder mit UV-Lampen bestrahlt. Das ist Ver-

gangenheit, denn der Bau eines vollwertigen Belichters ist nicht schwierig. Benötigt werden ein Gehäuse mit Glaswand, eine oder mehrere UV-Röhren und eventuell ein Zeitschalter. Was angeschafft werden muss, sind die UV-Röhren mit Startern und zugehörigem Vorschaltgerät.

Die clevere Idee besteht darin, einen ausgedienten Flachbettscanner zu einem Platinenbelichter umzugestalten. Das Innenleben des Scanners muss den UV-Röhren weichen, die beispielsweise aus einem Gesichtsbräuner stammen. Wir haben die Montageplatte der UV-Röhren aus einem Gesichtsbräuner gesägt und unter der Glasplatte des ehemaligen Scanners eingebaut. Die Starter und Drosseln fanden an anderer Stelle im Scannergehäuse ihren Platz. Auch an ihrem neuen Einsatzort arbeiteten die UV-Röhren problemlos.

Da die Transparentfolie mit dem Platinenlayout während der Belichtung flächig an der Platine anliegen muss (anderenfalls entstehen Schatten), wurde auf die Innenseite des Scannerdeckels eine dünne Schaumstoffmatte mit den Maßen der Glasplatte aufgeklebt. Während der Belichtung muss der Deckel angedrückt werden, was zum Beispiel durch Auflegen einiger dicker Bücher geschehen kann. Die richtige Belichtungszeit hängt natürlich von den Eigenschaften der UV-Röhren ab. Bei unserem Belichter lag sie zwischen zwei und drei Minuten.

(090088)gd

Anzeige

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
München	22.10. + 23.10.2010

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

Optischer Audio-Anschluss für PCs

Von Joseph Kreutz (D)

Ebenso wie die meisten digitalen Geräte der Unterhaltungselektronik sind auch die Hauptplatinen moderner PCs mit Audio-Anschlüssen nach dem S/PDIF-Standard ausgestattet. Diese elektrischen S/PDIF-Anschlüsse transportieren Signale, die aus TTL-Signalen generiert werden. Optische S/PDIF-Audio-Schnittstellen sind an PCs eher selten, obwohl sie unbestreitbare Vorteile bieten. Wie die Schaltung zeigt, ist das Nachrüsten ohne viel Aufwand möglich.

Ankommende S/PDIF-Signale werden zur galvanischen Trennung über einen Übertrager dem SN75179B (IC3) zugeführt. Dieses IC ist ein Receiver/Treiber-Baustein für differenzielle Signale. Der Ausgang dieses Schaltungszweigs ist logisch 0, solange kein Eingangssignal anliegt. Der optische Empfänger ist ein TORX 173 (IC2). Die Gatter IC1B...IC1D bilden eine OR-Funktion. Gleichzeitig bringen sie das Ausgangssignal von IC2 auf TTL-Niveau für die weitere Verarbeitung.

Der optische und der elektrische S/PDIF-Eingang können natürlich nicht gleichzeitig genutzt werden, da sich die Signale gegenseitig stören würden. Wenn ein solcher Fall auftritt, leuchtet die über D1, D2 und IC1A gesteuerte LED D1 auf.

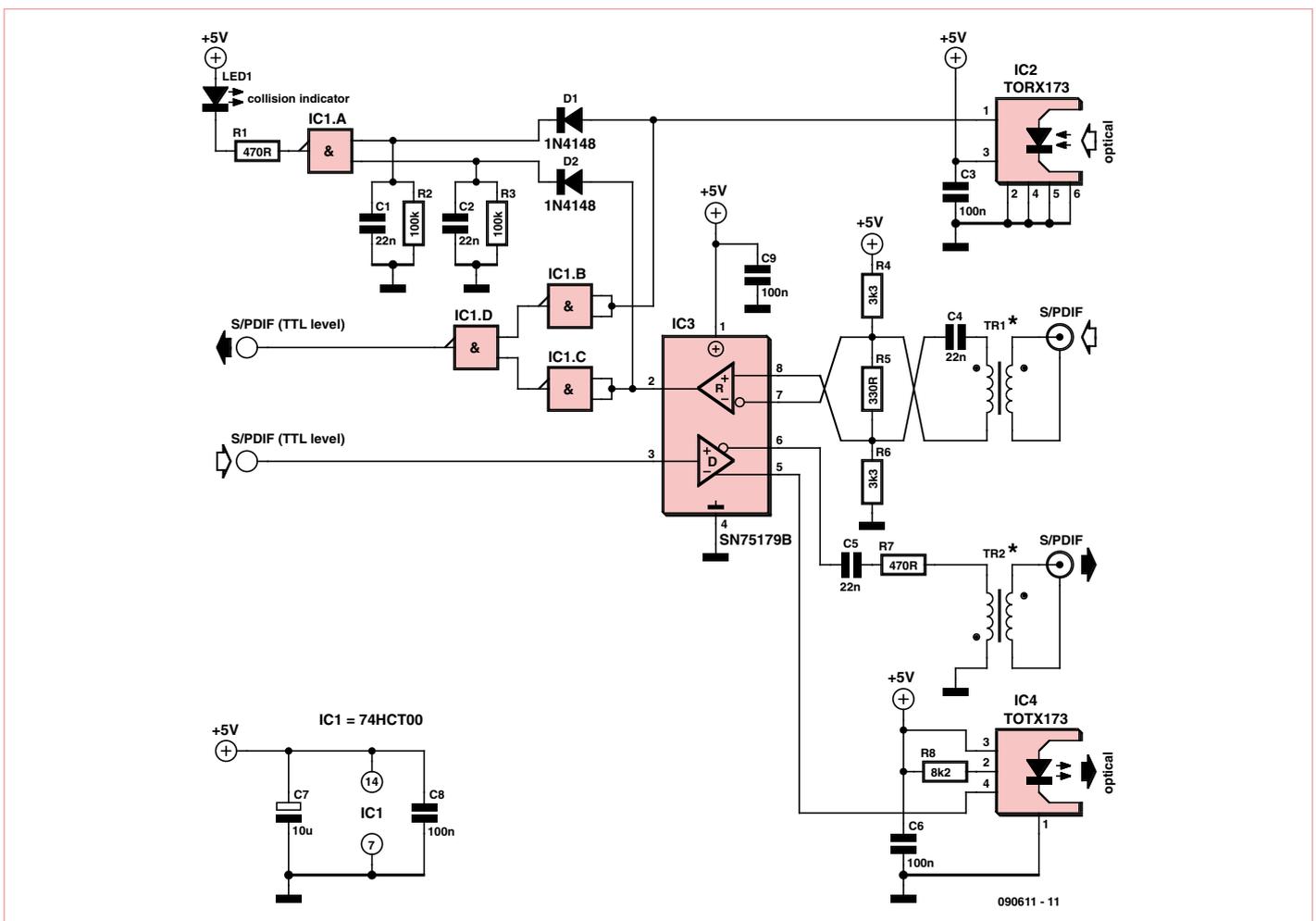
Trafo TR1 ist schnell angefertigt: Auf einen Ferritkern des Typs L44-X830 von Epcos (\varnothing 12,5 mm) wird zuerst die primäre Wicklung aufgebracht, die aus 6 Windungen CuL-Draht der Stärke 0,3...0,5 mm besteht. Dann folgt die sekundäre Wicklung mit gleicher Drahtstärke und 12 Windungen.

Für den Übertrager sind auch andere Ferritkerne geeignet, solange der A_L -Wert bei ungefähr 2200 nH/N² liegt.

Das als S/PDIF-Signal zu sendende TTL-Signal liegt unmittelbar am Sendereingang des SN75179B (IC3). Der invertierende Senderausgang ist über C6 und R7 mit dem Übertrager TR2 verbunden. Dieser Übertrager wird auf gleiche Weise wie TR1 angefertigt, hier bestehen jedoch die primäre Wicklung aus 20 Windungen und die sekundäre Wicklung aus 8 Windungen. Der nicht invertierende Senderausgang steuert den optischen Sender TOTX 173 (IC4). Im Gegensatz zu den Eingängen können beide Ausgänge gleichzeitig genutzt werden.

Der Schaltungsaufbau bedarf kaum einer Erläuterung. Die Betriebsspannungen der ICs müssen durch 100-nF-Kondensatoren entkoppelt werden, diese Kondensatoren sind möglichst nahe den IC-Anschlüssen zu montieren. Die 5-V-Betriebsspannung wird zusätzlich durch Elko C7 entkoppelt. Sie kann dem PC entnommen werden, für den die Schaltung bestimmt ist.

(090611)gd



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:

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

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
Luzern (Schweiz)	03.07.2010
Hannover	28.08.2010
München	09.10.2010
Leipzig	30.10.2010

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

299,00 Euro (469,50 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/gitarren-roehren

GPS-Datenlogger

BASIC-Briefmarke & Google Earth

Von Chris Savage (USA)

Es gibt viele Projekte, die einen Mikrocontroller mit GPS verkuppeln und die erhaltenen Daten für Navigationszwecke nutzen. Doch was tun, wenn man den Weg visualisieren möchte, den ein Roboter genommen hat? Die gleiche Frage stellt sich für Ausflüge mit dem Motorrad oder Auto. Hier steht, wie es geht...

Aufgezeichnete Wegpunkte könnte man natürlich in ein spezielles Programm importieren, das diese Aufgabe erledigt, doch viel naheliegender ist die Verwendung der bekannten Software Google™ Earth.

Kursverlauf

Google Earth ist eine Art virtueller Globus, mit dem man sich einen Kontinent, ein Land oder eine Stadt bis hinunter auf Straßen-Niveau anschauen kann. Das Ganze basiert auf Satellitenfotos unterschiedlicher Auflösungsstufen. Man kann Straßen verfolgen oder sich so genannte POIs (Points Of Interest) ansehen. Und wenn die eigene Gegend vor nicht allzu langer Zeit mit hoher Auflösung fotografiert wurde, dann kann man sogar das eigene Haus finden und dem Nachbarn in den Garten schauen.

Zwei Dinge sind besonders wichtig an Google Earth: Die Software ist kostenlos und sie unterstützt KML (Keyhole Markup Language), eine XML-basierte Sprache zur Darstellung von geografischen Daten, Karten und sogar 3D-Objekten. Ein Feature von KML ist die Fähigkeit, einen Weg mittels GPS-Koordinaten abzubilden.

GPS-Daten lassen sich recht unkompliziert in Form von KML-Dateien ablegen, auch ohne PC. Es genügt zum Beispiel eine BASIC-Briefmarke® (Prozessorboard) von Parallax und ein „Memory Stick DataLogger“ (USB-Stick-Datenlogger) des gleichen Herstellers.

Der Autor unternahm eine kurze Rundfahrt in der Umgebung von Rocklin in Kalifornien, wo Parallax beheimatet ist. Bild 1 zeigt den zugehörigen Screenshot der Rundreise in der Darstellung von Google Earth. Zum Ausprobieren: Die zugehörige KML-Datei kann zusammen mit dem Source-Code zu diesem Projekt unter der Bezeichnung „LOGDATA.KML“ von der Elektor-Website [3] herunter geladen werden. Man kann sie dann in

Google Earth importieren und sich die Rundfahrt genau anschauen oder mit einem Editor die Datenstruktur näher betrachten. Aufgrund von Ungenauigkeiten von GPS und kleinen Unstimmigkeiten der Karten von Google Earth sieht es manchmal so aus, als ob das Auto neben der Straße im Gelände gefahren sei. Der Autor versichert allerdings, dass dies nicht so war!

Daten-Portabilität

Ist Google Earth schon auf dem PC installiert, dann genügt ein Doppelklick auf eine KML-Datei: Google Earth startet und zeigt den Streckenverlauf an. Doch dazu muss man die Daten von der mobilen Gerätschaft erst einmal im richtigen Format auf die Platte des PCs bekommen. Parallax stellt für diesen Zweck einen USB-Stick-Datenlogger her, der faktisch eine USB-Host-Bridge auf der Basis des Vinculum-Chips von FTDI ist. Dieser Datenlogger erlaubt die Speicherung von GPS-Daten auf einem USB-Speicher-Stick. Da das FAT-Dateisystem unterstützt wird, können die Daten gleich im nativen Format abgelegt werden und sind so direkt von Google Earth lesbar.

KML dekodieren

Google hat eine umfangreiche Spezifikation für KML erstellt [1], sodass hier nicht allzu sehr ins Detail gegangen werden muss. KML ist sehr mächtig und ein Blick in die Spezifikation rentiert sich, wenn man Dateien für Google Earth erstellen will. Hier geht es lediglich um Wegstrecken, weshalb drei Informationen wichtig sind:

1. Zunächst braucht es etwas, das man „Header Information“ nennen könnte. Dies ist essentiell für alle weiteren Infos, die Google Earth braucht. Enthalten ist die Sprachen-Version, die Quell-URL, Linientypen

und Farben, der Modus und anderes mehr.

2. Dann kommen die eigentlichen Koordinaten. Google Earth erwartet die Daten als Länge, Breite und dann Höhe (umgekehrt will Google Maps zunächst die Breite und dann die Länge haben [2]). Auf jeden Fall sind dies die relevanten Daten, die unterwegs aufgezeichnet werden müssen.
3. Zum Schluss kommen die so genannten Closing Tags (Footer Data).

Die Herausforderung besteht nun darin, eine BASIC-Briefmarke dazu zu bringen, dass diese Daten auf einem USB-Speicher-Stick landen.

BASIC und KML

Zum besseren Verständnis empfiehlt es sich, einen Blick auf den Code von „GPS Datalogger v. 1.0“ zu werfen, der im Archiv „081079-11.zip“ unter [3] zu finden ist.

Das Programm ist recht geradlinig und enthält viele Code-Fragmente aus anderer Software, die der Autor für andere Hardware geschrieben hat.

Eine BASIC-Briefmarke verfügt über 2 KB EEPROM für Programm und Daten. Ursprünglich wurden die Daten direkt in SEROUT-Befehle zu Testzwecken übersetzt. Diese Methodik ließ aber keinen Platz für andere Dinge als die reine Übertragung der Daten aus dem GPS-Modul. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung, die Sache mit einer Daten-Tabelle im EEPROM zu vereinfachen. Die Header-Daten für eine KML-Datei sind schon fertig im EEPROM abgelegt. Hierzu mussten Anführungszeichen in ASCII-





Wer-
ten

codiert werden, da diese normalerweise ja zur Kennzeichnung von Text dienen.

Um ein paar Bytes zu sparen wurde anstelle von CRLF (Carriage Return / Line Feed) jede Zeile mit einer Null (o) abgeschlossen. Das Programm wandelt diese Nullen später bei der Ausgabe wieder in CRLFs um.

Außerdem war es erforderlich, den Höhenmodus auf einfache Weise verändern zu können. Der Höhenmodus wird durch die Schlüsselworte „clampToGround“ oder „absolute“ innerhalb der Header-Daten festgelegt. Bei „clampToGround“ werden alle GPS-Höhenangaben von Google Earth ignoriert, die Wegpunkte werden dann einfach auf das von Google gespeicherte Höhenprofil gelegt. Dieser Modus – im Code per Default festgelegt – verhindert, dass eine Wegstrecke in Google Earth unter der Erdoberfläche verschwindet oder ein Auto einige Meter über der Erdoberfläche schwebt (denn GPS-Höhendaten sind nie ganz genau).

Nach etlichem Probieren wurde einfach auf „hard coding“ ausgewichen, indem die Ausgabe des jeweiligen Schlüsselwortes anhand des Wertes einer Mode-Konstante (0 oder 1) festgelegt wurde. Die im EEPROM gespeicherten Header-Daten wurden an dieser Stelle in zwei Blöcke geteilt. Jeder Block wird mit dem Zeichen 255 abgeschlossen (siehe Source-Code-File).

Man kann den Mode aber auch nachträglich in der KML-Datei mit einem Editor verändern, wenn man den Begriff „clampToGround“ durch „absolute“ ersetzt und dann die Datei erneut in Google Earth einliest.

Der GPS-Datenlogger

Bild 2 zeigt die Schaltung des kompletten GPS-Datenloggers. Der Vollständigkeit hal-

Praxis

Der USB-Stick-Datalogger von Parallax und das passende GPS-Modul sind zentral. Von daher initialisiert das Programm diese beiden Module zuerst und startet dann eine Kommunikation mit dem Datalogger. Eine zweifarbige LED signalisiert den Status und blinkt grün, während der Datenlogger initialisiert wird. Wenn kein USB-Stick eingesteckt ist, wartet das Programm bis das der Fall ist. Nach Initialisierung und Erkennung des Speicher-Sticks schreibt das Programm die Header-Daten der KML-Datei. Dieser Vorgang benötigt einige Sekunden, da diese Daten Byte für Byte aus dem EEPROM geholt und geschrieben werden müssen. In dieser Phase blinkt die LED schnell rot.

Anschließend wird der Status des Satelliten-Signals überprüft und gewartet, bis gültige Daten kommen. Diese Phase kann bis zu zwei Minuten dauern, währenddessen die LED langsam rot blinkt. Wenn die Satellitendaten gültig sind, leuchtet die LED permanent grün. Es gibt zwei Taster: Betätigt man den gelben Taster (SW2 an Port P15) bis die LED rot wird, startet die Datenaufzeichnung. Der GPS-Datenlogger schreibt die GPS-Daten alle drei Sekunden in die KML-Datei. Wenn das Signal zwischendurch verloren geht, werden einfach die letzten Daten mit der gleichen Rate weiter geschrieben. Dadurch kann man auch bei Lücken feststellen, wie lange der Aufzeichnungsprozess überhaupt lief.

Während der Aufzeichnung kann man jederzeit solange auf den roten Taster (SW3 an Port P12) drücken, bis die LED rot blinkt. Dann wird der Datei-Footer geschrieben und die Datei geschlossen. Wenn die LED dann im Wechsel rot/grün blinkt, kann man den USB-Stick problemlos abziehen. Wie bei einem PC ist es absolut nicht zu empfehlen, den Stick schon vorher aus der USB-Buchse zu ziehen. Das kann nicht nur die KML-Datei zerstören, sondern sogar das komplette Dateisystem durcheinander wüfeln, sodass eine Neuformatierung erforderlich wird.

ber sei erwähnt, dass die Schaltung Teile des Super-Carrier-Boards von Parallax enthält, das für den Prototypenaufbau verwendet wurde. Bild 3 zeigt die Zusammenstellung an Boards, die den Datenlogger ausmachen. In Bild 4 sieht man die „Benutzer-

schnittstelle“: Die entsprechenden Schalter, Widerstände und die Zweifarben-LED sind auf die Prototypenfläche des Super-Carrier-Boards aufgelötet. Außerdem war ein Befestigungsloch für das GPS-Modul vorgebohrt und es wurde ein vierpoliger SIP-Sockel



Bild 1. Screenshot von Google Earth bei einer Rundfahrt in der Umgebung des Industriegebiets, in dem Parallax beheimatet ist.

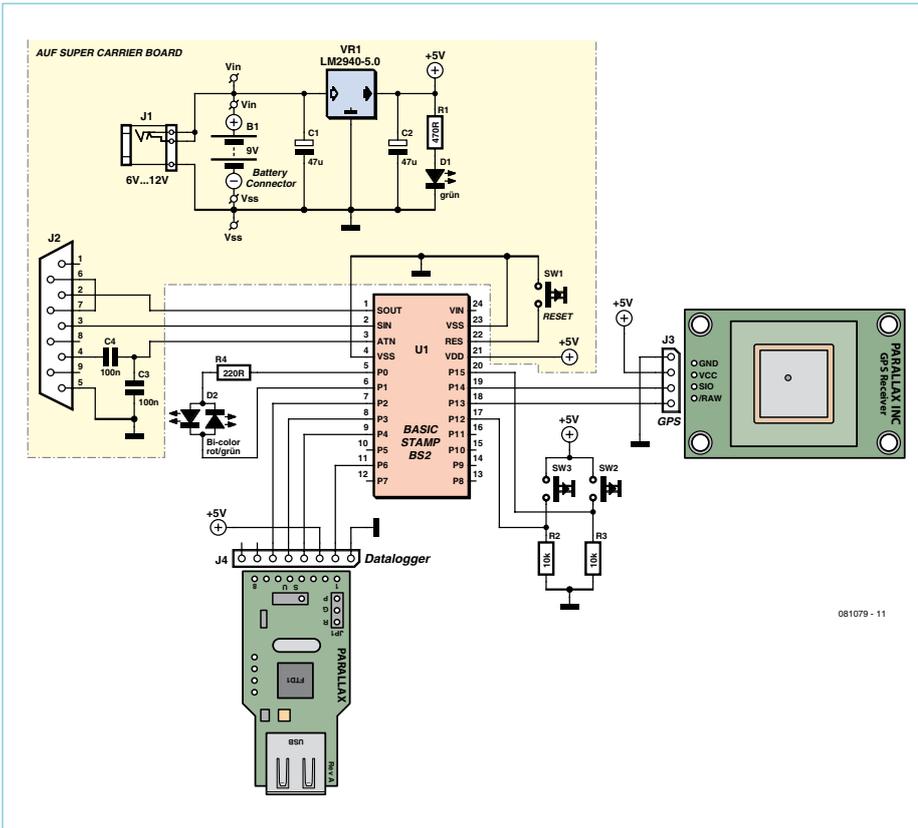


Bild 2. Schaltung des GPS-Datenloggers. Die gelb markierten Teile symbolisieren das verwendete Super-Carrier-Board.

bestückt. Letzteres ist zwar nicht zwingend notwendig, aber empfehlenswert. Darüber hinaus benötigt man noch einen 12 mm langen Abstandsbolzen mit Gewinde zwischen Board und GPS-Modul. Ein Gummifuß des Super-Carrier-Boards wurde halbiert und eine Hälfte diente zur

Unterstützung eines der Enden des USB-Stick-Datenloggers, sodass die Kräfte beim Einstecken eines Speicher-Sticks abgefangen werden. An diesem Punkt wäre es nicht schlecht, wenn man einmal die im Source-Code-Paket enthaltenen Testprogramme ausführen

würde. Mit diesen lassen sich einzelne Subsysteme individuell überprüfen, was auch das spätere Debugging sehr vereinfacht. Es gibt Testprogramme für GPS, den Datenlogger, die LED und die Taster. Die Datei „GPSTest.bs2“ enthält eine modifizierte Version des GPS-Demo-Programms. In der Datei „DataloggerTest.bs2“ ist eine modifizierte Version des Demo-Programms für den Datenlogger enthalten und „ButtonLEDTest.bs2“ wurde zum Test der damit bezeichneten Bauteile geschrieben. Letzteres lässt die zweifarbige LED fünf Mal rot, fünf Mal grün und dann fünf Mal im Wechsel rot/grün blinken. Anschließend wird angegeben, welcher der Taster betätigt wird. Mit der Test-Software kann man überprüfen, ob die aufgebaute Hardware fehlerfrei funktioniert.

Stromversorgung & Einbau

Wenn alles zusammengebaut und getestet ist, kann man das Programm „GPS Datalogger V1.0.bs2“ starten und die einlaufenden Daten loggen. Das Super-Carrier-Board versorgt die komplette Hardware über seinen eingebauten 5-V-Spannungsregler. Von daher kann man das Board problemlos mit einem entsprechenden Kabel für den Zigarettenanzünder aus dem 12-V-Bordnetz eines Autos (oder einer anderen Spannungsquelle ≥ 9 V) versorgen. In manchen Autos

Stückliste

(Parallax-Teilenummern in Klammern)

- Super-Carrier-Board (#27130) (optional, siehe Text)
- BASIC-Briefmarke 2 (#BS2-IC)
- GPS-Modul (#28146)
- Memory Stick DataLogger (#27937)
- 2x 10-k Ω -Widerstand
- 220- Ω -Widerstand
- 2x Taster (#400-00002)
- Zweifarbige-LED (#350-00005)

Optionale Komponenten:

- 1 Gummifuß (vom Super-Carrier-Board)
- 1 M3x12-Abstandshalter mit Gewinde (US: F-F, 4-40)
- 2 M3-Schrauben (US: 4-40, 1/4“ (#700-00028)
- Vierpoliger SIP-Sockel (#450-00401)
- LED-Halter (#350-90000)



Bild 3. Der Prototyp ohne USB-Speicher-Stick.

Listing 1. Extrakt aus dem GPS-Datenlogger-Code

```

Write_Header:
  SEROUT TX\CTS, Baud, [$07, $20, "logdata.kml", CR]           ` Delete File
  GOSUB Get_Data                                               ` Purge Receive Buffer

  SEROUT TX\CTS, Baud, [$09, $20, "logdata.kml", CR]           ` Create File
  GOSUB Get_Data                                               ` Purge Receive Buffer

  counter = 0                                                 ` Reset Byte Counter
DO
  TOGGLE LEDA                                                 ` Blink Red LED
  READ Header + counter, ioByte                                ` Get Next Byte From EEPROM
  IF ioByte = 0 THEN                                          ` Replace 0 Bytes w/CRLF
    SEROUT TX\CTS, Baud, [$08, $20, $00, $00, $00, $02, $0D, $0D, $0A, $0D]
  ELSEIF ioByte = 255 THEN                                     ` End Of Data Block
    EXIT
  ELSE
    SEROUT TX\CTS, Baud, [$08, $20, $00, $00, $00, $01, $0D, ioByte, $0D]
  ENDIF
  counter = counter + 1                                       ` Increment Pointer
  GOSUB Get_Data                                             ` Purge Receive Buffer
LOOP

```

Anzeige

Fachseminar:

PIC18-Mikrocontroller-Programmierung

NEU!

➔ Alles zu PIC18- μ C-Architektur + Befehlssatz

Microchip's PIC18-Mikrocontroller-Familie sind ideal für Applikationen, die eine Rechenleistung von 10-16 MIPS benötigen. Dabei bieten diese Mikrocontroller bis zu 128 KB Programmspeicher und sind in Gehäusen mit 18-100 Pins verfügbar. Die Hardware-Architektur eignet sich auch hervorragend für C-Compiler generierten Code und bietet eine Vielzahl an Peripherie (z. B. USB, ZigBee, Ethernet, CAN) für die bereits Firmware zur Verfügung gestellt wird.

In diesem Seminar lernen Sie die PIC18-Mikrocontroller-Architektur und den Befehlssatz kennen. Neben Softwaretools, wie Assembler und Simulator, werden auch die für einen Entwurf notwendigen Hardwaretools, wie Emulator und Programmiergerät, vorgestellt. Abgeschlossen werden die Betrachtungen mit praktischen Übungen, die Sie selber mit einem PICkit 3 Debug Express und zugehöriger Platine, durchführen werden. Das Hardwaretool nehmen Sie im Anschluss mit nach Hause.

Veranstaltungsorte/-termine:

Leipzig	25.02.2010
Hannover	26.02.2010
Luzern (Schweiz)	09.06.2010
München	20.10.2010

Teilnehmergebühr (inkl. MwSt.):

399,00 Euro
(626,50 CHF)

Elektor-Abonnenten erhalten 5% Rabatt!

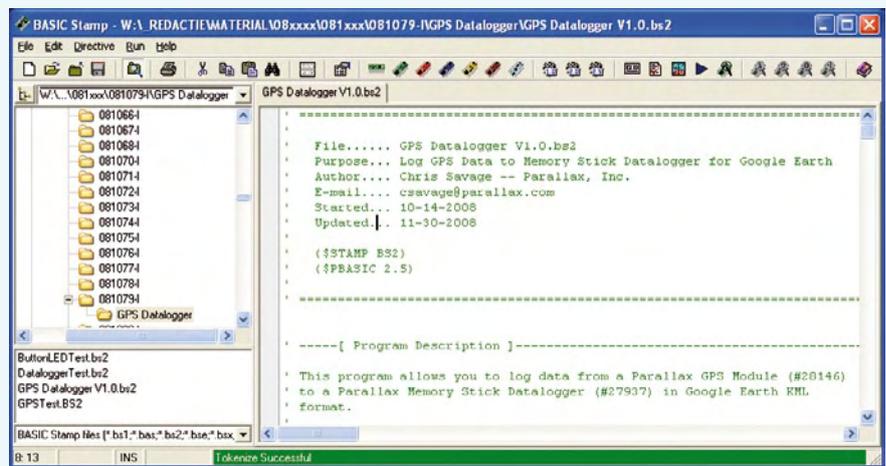
Im Preis sind jeweils Mittagsbuffet, Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen) und Aushändigung des Teilnahmezertifikats inbegriffen.



Weitere Infos & Anmeldung unter www.elektor.de/pic18

Programmierung der BASIC-Briefmarke

Die Programmierung einer BASIC-Briefmarke ist wirklich keine Geheimwissenschaft. Man benötigt hierzu lediglich den kostenlosen BASIC-Stamp-Editor, den es in Ausführungen für Windows, Mac OS X und Linux gibt. Die aktuellste Version findet sich unter www.parallax.com/tabid/477/Default.aspx. Man muss nun lediglich das BS-Entwicklungs-Board mit einem seriellen RS232-Kabel an einen PC anschließen und dort den BS-Editor starten. Mit dem Editor lädt man die gewünschte .bs2-Datei, führt einen kurzen Syntax-Check durch und wenn alles in Ordnung ist (Meldung: „Tokenize Successful“) überträgt man sie in die BASIC-Briefmarke.



wird allerdings der Zigarettenanzünder mit dem Abschalten der Zündung stromlos. Wenn man das Board auf die Ablage direkt an die Frontscheibe rückt, dürfte der GPS-Empfang am besten sein. Gerade bei französischen Autos ist die Frontscheibe allerdings häufig metallbedampft. Hier empfiehlt sich das Anbringen des USB-Moduls hinter dem Rückspiegel (und die Verwendung eines längeren Anschlusskabels). Damit die Sache nicht durch die Gegend fliegen kann, sollte das System mit Klettband oder Ähnlichem befestigt werden. Die gesetzlichen Vorschriften bezüglich der Sicht durch die Frontscheibe müssen selbstverständlich eingehalten werden.

Das komplette System braucht im Betrieb etwa 200 mA Strom. Ein bisschen hängt dies auch vom verwendeten USB-Speicher-Stick ab. Der Spannungsregler auf dem Super-Carrier-Board wird daher ziemlich warm - aufpassen beim Anfassen! Der Strombedarf ist auf alle Fälle zu groß, um den Logger aus einer 9-V-Block-Batterie zu versorgen. Für Batteriebetrieb sind daher mindestens sechs Primärzellen oder acht NiMh-Akkus der Größe AA erforderlich.

Schlussbetrachtung

Der Code zum Projekt (Download unter [3]) ist relativ groß und schöpft das gesamte EEPROM bis auf 6 Byte aus. Der Hauptgrund hierfür ist die hohe Anzahl ausführlicher DEBUG-Befehle, die nicht zwingend erforderlich sind und die auskommentiert werden können, wenn man für eigenen Code noch Platz benötigt. Für erste Tests sind ausführliche Rückmeldungen der Elektro-

nik aber eine feine Sache. Man könnte natürlich noch mehr Taster vorsehen, damit das System einfacher bedienbar ist. Eine denkbare Anwendung wäre, die ersten Ausfahrten des Nachwuchses zu kontrollieren, der sich das Familienauto „mal eben kurz“ ausleiht. Der Code ist schnell dahingehend geändert, dass die Aufzeichnungen beim Einschalten der Zündung beginnen. Im Moment werden Zeit/Datums-Stempel nicht unterstützt, doch laut KML-Spezifikation scheint es eine Option zu geben, auch

diese Daten zu prozessieren, sobald sie von einem GPS-Modul geliefert werden. Vielleicht erbarmt sich ja der eine oder andere Leser dieser Lücke, schließt sie und lässt uns alle via Elektor-Forum an dieser Verbesserung teilhaben...

(081079)

Weblinks

- [1] <http://earth.google.com>
- [2] <http://maps.google.com>
- [3] www.elektor.de/081079

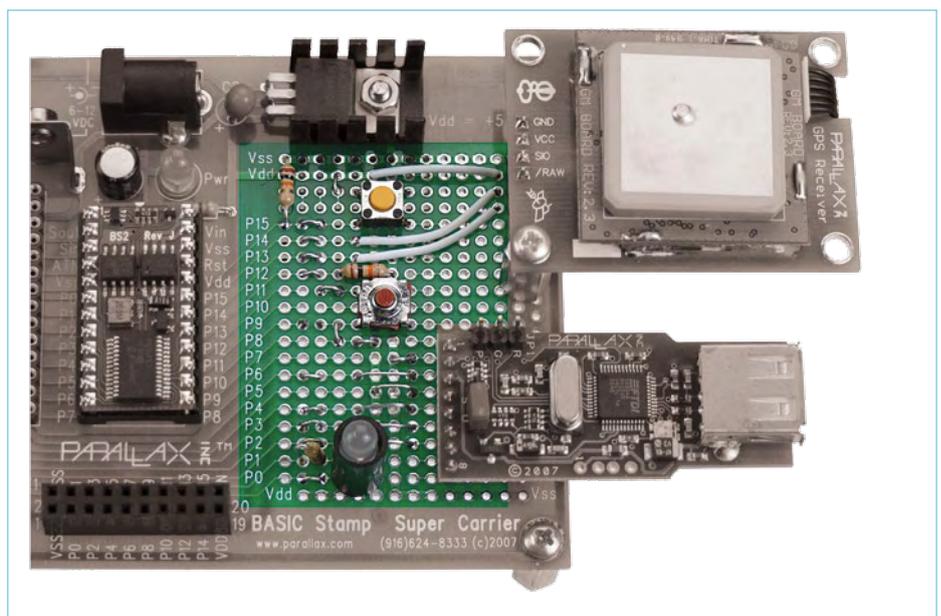
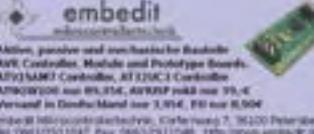


Bild 4. Ein Blick auf das rudimentäre „User-Interface“, das auf dem Super-Carrier-Board realisiert wurde. Alles außer der Prototypenfläche wurde ausgegraut. Das GPS-Modul ist auf der Unterlage abgestützt.

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



Aktion: passiver und aktiver Bauelemente
 AVR Controller, Module und Prototypen Boards
 AT91SAM7 Controller, AT22UC1 Controller
 AT91SAM7 Controller mit 64KB, AT91SAM7 Controller mit 128KB
 Versand im Dinstag nur 3,99€, Freit nur 4,99€
 Bestell- & Lagerbestandsverwaltung, Softwareversion 2.10.2010
 Tel. 0511/2311287 Fax 0511/2311288 E-Mail: info@embedit.de

Alles Spule!

Wir liefern und fertigen:
 Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Spulenkörper, Isoliermaterial, Klebebänder, Tränkclacke, Übertrager, RFID-Spulen, Sensor- und Aktorspulen, Prototypen, Kleinserien, Serien, Ersatzteile und vieles mehr.



www.spulen.com

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
- Schraubanschlussklemmer
- Keine Versandkosten

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



Anzeigenschluss:

23. 03. 2010

Erscheinungstermin:

19. 04. 2010

Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!

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

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



Geist Electronic-Versand GmbH

Tel.: **07720/36673**
 Fax: **07720/36905**
 Mail: info@geist-electronic.de
 Shop: www.geist-electronic.de



schlanke Preise - fettes Angebot

Schnellversand ohne Mindestumsatz

Bauteile - Ersatzteile - Zubehör
 Fernbedienungen - Zeilenträfos
 HDTV DVB-T Sat Audio/Video
 Überwachungstechnik und vieles mehr.

www.Laehn-Versand.de

Online-Shop mit großer Auswahl:
 Entwicklerboards, Schrittmotoren/AVR, AVR32, ARM7, ARM9, PIC, DSP, MSP430, Programmer, Debugger



xmega
 (mit viele weitere Boards)

embedded projects GmbH
 Holzmarktstraße 41 86152 Augsburg
 Tel. +49 821 279509-0 / Fax. -25
<http://www.eepro.de>

www.eepro.de

Gravuren / Schilder / Frontblenden

www.webgrav.de

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



www.thale-elektronik.de

www.anttronic.de

ab 1 Stck. **ANTTRONIC**

Leiterplatten zu TOP-Preisen!!

HEXWAX LTD

www.hexwax.com

Treiberunabhängige USB-ICs von einem der Weltmarktführer

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

VTS – ELEKTRONIK GbR

Preiswerter Leiterplatten Service

info@vts-elektronik.de
www.vts-elektronik.de



LCDs und mehr



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

Spiralkabel ab 1 Stück nach Kundenwunsch!

Auszugslänge bis 8.000 mm



kurze Lieferzeiten

www.key-electronic.de

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

LOETRONIC

Embedded MP3 Module

www.loetronic.com

www.AAAA-electronic.de

Schnäppchenmarkt

Bauteile, Bausätze, Module, Restposten

Fon: 0049 471 3097133

HAMEG® Instruments

A Rohde & Schwarz Company

- Oszilloskope
- Netzgeräte
- RF-Messtechnik
- Systemgeräte

Great Value in Test & Measurement

www.hameg.com

USB-Funkuhr

immer die genaue Zeit!

- USB-Schnittstelle
- integrierte Echtzeituhr
- für Microsoft Windows®
- als Platine, Bausatz oder Fertigerzeugnis

<http://produkte.rewond.eu>



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

Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung

Zwei schwarze Kästen

Von Rolf Blijleven (NL)



Als ich die beiden „Black Boxes“ entdeckte, war mir sofort klar: Das ist Technik-Geschichte und muss erhalten bleiben. Von dem, was in dem fast leeren Firmengebäude noch übrig war, durfte jeder mitnehmen, was er brauchen konnte. Der Rest landete im Entsorgungcontainer. Doch dieses Schicksal sollte die beiden schmucken Blickfänger mit den auffallenden Drehknöpfen nicht ereilen. Aber welchem Zweck hatten diese Geräte wohl einst gedient?

Die beiden schwarzen Kästen waren mir in den 12 Jahren meiner Tätigkeit in der Firma niemals aufgefallen. Sie sahen wie Widerstands- oder Kapazitätsdekaden aus, doch weshalb war auf der Frontplatte das Wort „COMPENSATOR“ eingraviert? Was wurde hier kompensiert, weshalb und wie geschah das? Ich konnte mich nicht erinnern, dass ein Kollege jemals mit diesen Geräten gearbeitet hatte.

Was beim Öffnen des kleineren Geräts zum Vorschein kam (Bild 1), erinnerte mich an die Werke von Jules Verne, entstanden in einer Zeit, als die Nutzung der Elektrizität noch Neuland war. Tatsächlich, ich

hatte eine Widerstandsbank mit Stufenschalter und zwei Potentiometern in der Hand. Mindestens 40 Jahre musste das Gerät alt sein, doch es sah fabriknau aus, keine Spur von Korrosion oder Rost.

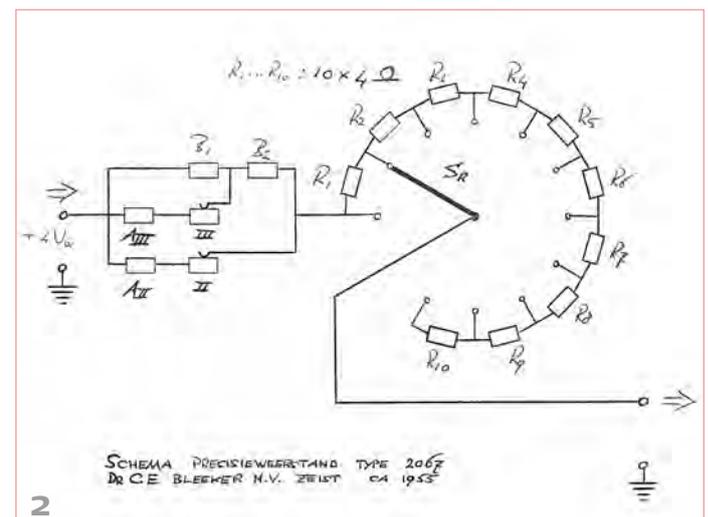
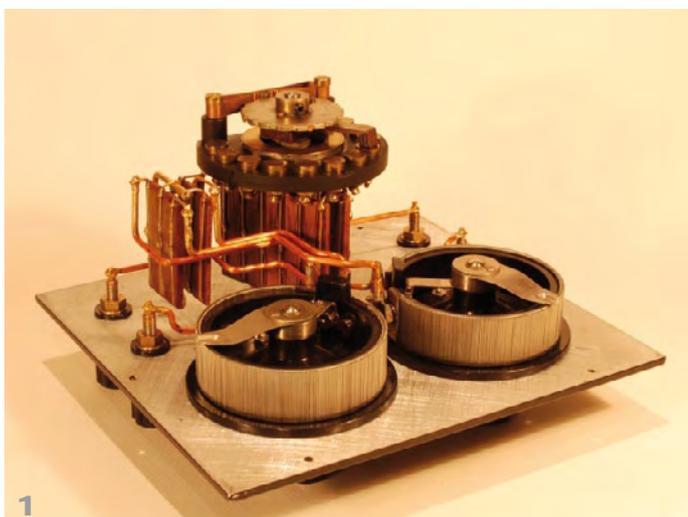
Die Schaltung (Bild 2) war schnell gezeichnet. Um die Funktion zu ergründen, schloss ich den Eingang an eine Spannungsquelle an. Alles deutete darauf hin, dass dies ein Stellwiderstand im

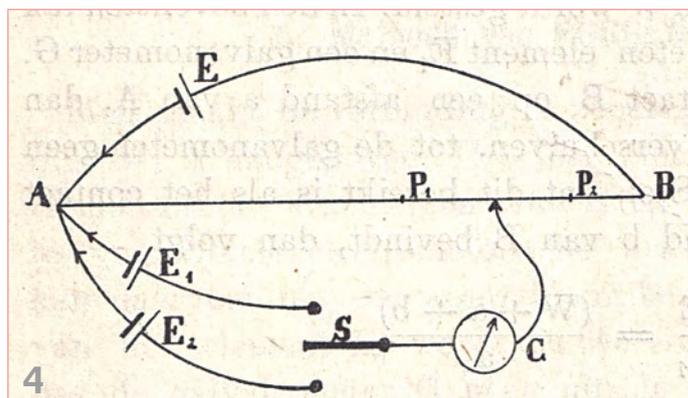
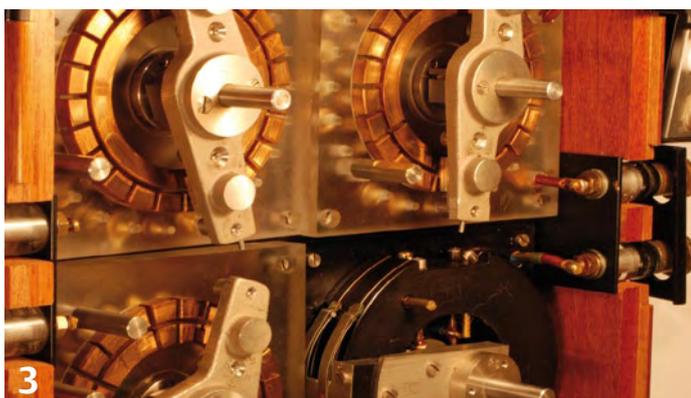
Bereich 150...200 Ω war. Der Stufenschalter

änderte den Widerstand in 4- Ω -Schritten, der zweite Knopf hatte einen Bereich von 6 Ω . Dass der dritte Knopf nur wenig zum Gesamtwiderstand beitrug, war bereits aus der Schaltung ersichtlich. Doch welchem Zweck dienten Änderungen im Bereich von 60 $\mu\Omega$? Die Antwort auf diese Frage fand ich erst nach einem geschichtlichen Exkurs.

Auch im großen Gerät verbarg sich sehenswerte historische Technik (Bild 3), das Innenleben war jedoch wesentlich komplexer. Nur mit Mühe konnte ich die Leitungen verfolgen. Auch hier waren Vielfachschalter vorhanden, außerdem einfache Schalter und dazu viele Anschlussklemmen. Einfach eine Spannungsquelle anschließen und sehen, was passiert? Das erschien mir zu riskant.

Aber was ist ein „COMPENSATOR“? Irgendwann hatte ich einem Lehrbuch von einer Messanordnung gelesen, mit der Messungen ohne Belastung des Messobjekts mit höchster Präzision möglich sind. Vielleicht, so hoffte ich, führte Google mich auf eine Spur.





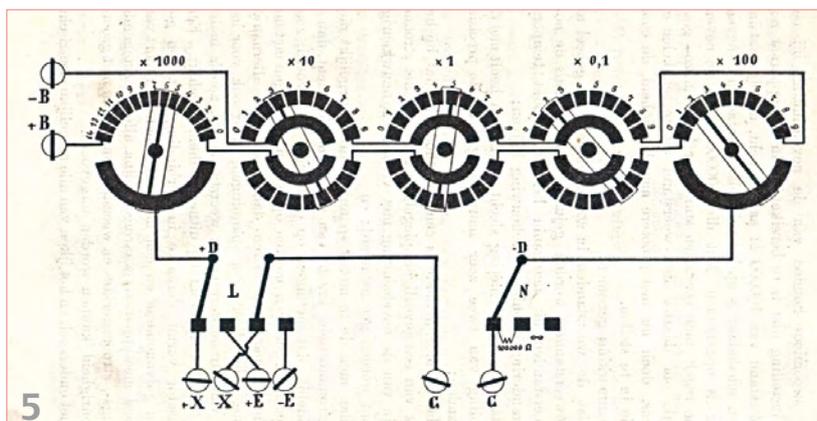
Doch diese Hoffnung erfüllte sich nicht. Ich fand die Antwort in einer verstaubten technischen Enzyklopädie, die ich in einem Antiquariat aufstöberte. Dort wurde nicht nur ein „Compensationsapparat“ beschrieben, sogar die Schaltung (**Bild 4**) stimmte mit meinem Gerät überein! Wann war dieses Buch erschienen? Ich schlug die ersten Seiten auf und las die Jahreszahl 1902. Dass ich einen so weiten Weg in die Vergangenheit gegangen war, hatte ich nicht geahnt. In dem Buch wurde die Funktionsweise wie folgt erklärt: „Die Strecke A-B ist ein langer Draht mit hohem Widerstand, an ihm liegt die Spannung E. Die zu vergleichenden Spannungen E1 und E2 werden wie dargestellt angeschlossen. S1 ist ein Umschalter. Es müssen die Punkte P1 und P2 gefunden werden, bei denen das Drehspulinstrument in den Zweigen mit E1 und E2 stromlos ist. Für diesen Fall gilt folgende Beziehung:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\text{Widerstand } A-P_1}{\text{Widerstand } A-P_2}$$

Das Verhältnis der Widerstände ist gleich dem Verhältnis der Längen.“ Eine Widerstandsbank kann die Funktion des langen Drahts ersetzen. Wenn Punkt C verschoben wird, um das Drehspulinstrument auf den Nullpunkt zu bringen, hat dies auch Einfluss auf Widerstand A-B. Der Einfluss wird eliminiert, indem zwei gleiche Widerstandsbänke in Reihe geschaltet werden, wobei Punkt C ihr Verbindungspunkt ist. Das Einstellen des Drehspulinstruments ist ohne Ändern des Gesamtwiderstands möglich, wenn die Werte der Widerstands-

bänke gegenläufig geändert werden. Die Methode überzeugt, allerdings ist sie anfällig für Fehlbedingungen. Das enzyklopädische Werk aus dem Jahr 1902 bemerkt dazu: „Mit einem Compensator findet das gegenläufige Bedienen der Widerstandsbänke selbsttätig statt, so dass zwischen den Endpunkten immer ein konstanter Widerstand liegt“. Dem **Bild 5** ist zu entnehmen, dass der Widerstand zwischen den Klemmen „+“ und „-“ unabhängig von der Stellung der Drehknöpfe stets 14999,9 Ω beträgt. Dagegen kann der Widerstand zwischen den Klemmen „+“ und „-D“ jeden Wert zwischen 0,1 Ω und 14999,9 Ω annehmen. Auf den Rundskalen der Knöpfe lässt sich der Wert unmittelbar ablesen. Einfach genial! Für welchen Zweck ein solcher Präzisionswiderstand eingesetzt wurde, auch darüber gab das Buch Auskunft. Er diene „zum Bereitstellen exakt definierter Ströme, erforderlichlich zum Eichen verschiedener technischer Apparaturen“. Das stimmt mit der Herkunft der Geräte überein. Ihr ehemaliger Besitzer stellte Gasanalysatoren her, sie müssen auch heute noch regelmäßig geeicht werden. Meine beiden nun nicht mehr rätselhaften Kästen stammten aus der Fabrikation von Dr. Caroline Emilie Bleeker, die um 1930 ein Ingenieurbüro eröffnet hatte. Später verlagerte sie ihre Aktivitäten auf die Fertigung von Instrumenten und Apparaten für den optischen, elektrischen und medizinischen Bereich. In einem 1948 erschienenen Appell an ihre Mitarbeiter äußerte Bleeker den Wunsch: „Die gemeinsam geschaffenen Erzeugnisse mögen auch nach Generationen als Zeitzeugnisse dienen“. Dieser Wunsch ist in Erfüllung gegangen.

(090947)gd



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

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Nach dem ganz besonderen Rätsel des letzten Monats (bei dem die „Hexadezimalzahlen“ von 1 bis G verwendet werden mussten), geht es nun wieder mit normalen Hex-Ziffern weiter. Das Gehirnjogging könnte sich lohnen: Wer uns die richtige Lösung einschickt, kann einen von vier Elektor-Gutscheinen gewinnen. Wir wünschen viel Spaß!

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

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

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

Mitmachen und gewinnen!

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

Einsenden

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

Die Gewinner des Januar-Hexadokus stehen fest!

Die richtige Lösung ist: 26FB4.

Das E-blocks Starter Kit Professional geht an: Martin Müller aus Unterlunkhofen (Schweiz).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Raimund P. Neubauer, Jean Philippe Poket und Jean Pierre Vandecandelaere.

Herzlichen Glückwunsch!

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

(c) PZZL.com

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

„Elektor? Pflichtlektüre für unsere Entwicklungsabteilung, denn da findet man die Profitipps für die Mikrocontroller-Technik.“

– Frank Janssen, 39 Jahre, Entwicklungsingenieur –



**Ihr Abogeschenk:
MP3-Player, USB-Stick
& Voice Recorder
in einem Gerät**



Elektor ist Wissen für Profis.

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

Ihre Vorteile im Abo:

- Preisvorteil: Sie sparen **12%** gegenüber dem Einzelkauf
- Abonnenten erhalten exklusiv auf spezielle Elektor-Produkte bis zu **40% Rabatt**
- Top-Abopremie: attraktiver 2-GB-MP3-Player **gratis** (Wert: 39,95 Euro)
- Keine Ausgabe verpassen: Elektor kommt pünktlich, bequem und zuverlässig frei Haus
- Immer up-to-date: Lesen Sie jede Elektor-Ausgabe vor allen anderen

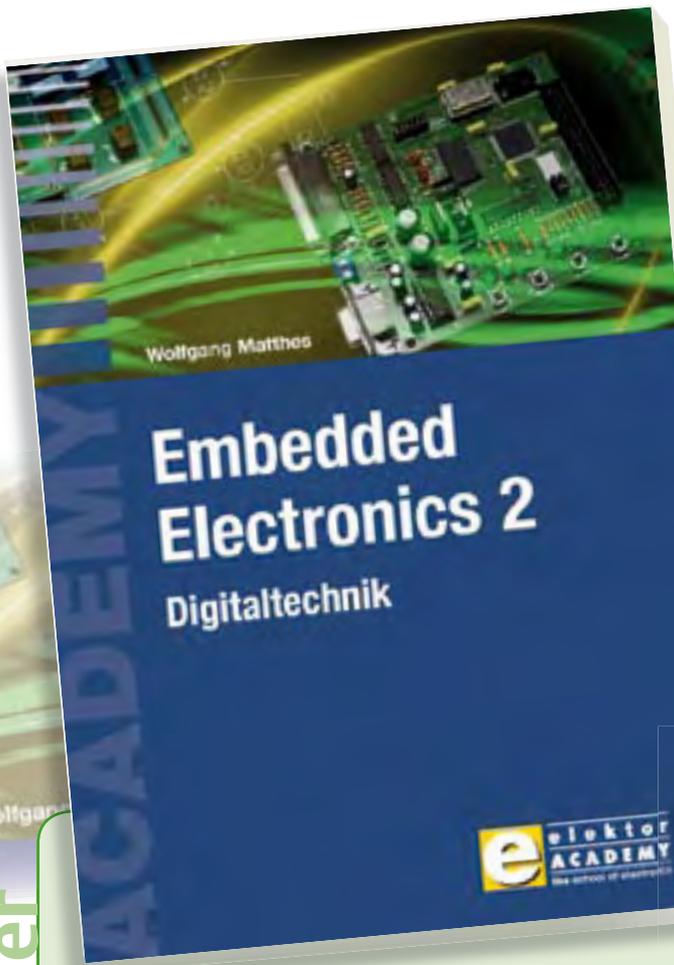
www.elektor.de/abo • Tel. +49 (0)241 88 909-0

Verwenden Sie bitte für die Abobestellung die portofreie Bestellkarte am Heftende.

elektor
electronics worldwide

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik
in einem Shop!



Der 2. Band der neuen Buchreihe

Embedded Electronics 2

Wollten Sie schon immer wissen, wie sich die klassische Funkempfängertechnik fortentwickelt hat? 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.

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



Topseller

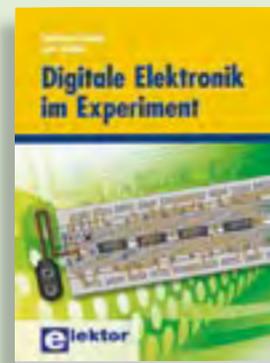
Der professionelle Ratgeber

Funkempfänger-kompodium

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

346 Seiten (geb.) • ISBN 978-3-89576-224-6

€ 49,00 • CHF 77,00



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

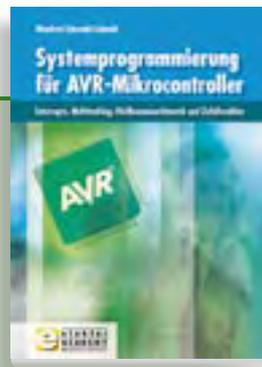


Konzepte verstehen und umsetzen

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

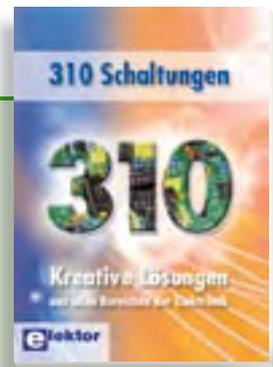


Interrupts, Multitasking, u. a.

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



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

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





NEU!

Kompletter Elektor-Jahrgang 2009 auf DVD

Elektor-DVD 2009

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2009. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2009 können Sie: Platinenlayouts in perfekter Qualität drucken; diese Layouts mit einem Zeichenprogramm verändern; die Schnellsuchfunktion benutzen, mit der Sie in den einzelnen Artikeln oder im ganzen Jahrgang nach Wörtern, Bauteilen oder Titeln suchen können; Schaltbilder, Platinenlayouts, Illustrationen, Fotos und Texte exportieren.

ISBN 978-90-5381-251-8 • € 27,50 • CHF 43,20



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



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-Mikrocontroller-System 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-Analyser 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

März 2010 (Nr. 471) €

32-bit-ARM-Board (Zepter)
090559-91 Bestückte und getestete Platine
mit vorprogr. Test-Software www.elektor.de

RFID-Zugangssystem mit OLED-Display (VisiOLED)
081141-1 Platine 14,95

Class-D-Stereo-Vollverstärker (Modulo D)
090563-41 Progr. Controller www.elektor.de
090563-71 Bausatz mit allen Bauteilen
inkl. SMD-bestückter Platine 79,95

Februar 2010 (Nr. 470)

Akku-Checker
071131-41 Progr. Controller 20,00
071131-71 Bausatz (ohne Gehäuse) www.elektor.de

5-V-Power-Controller
090719-1 Platine 9,95

2,4-GHz-Scanner
090985-41 Progr. Controller 24,95

Januar 2010 (Nr. 469)

CAN-Bus im Haus
090278-91 Fertigerät 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

Bestseller

Bücher

1 **Embedded Electronics 2**
ISBN 978-3-89576-186-7 € 49,00 CHF 77,00

2 **Funkempfängerkompendium**
ISBN 978-3-89576-224-6 € 49,00 CHF 77,00

3 **Digitale Elektronik im Experiment**
ISBN 978-3-89576-220-8 € 29,80 CHF 46,80

4 **Röhrenverstärker-Schaltungen**
ISBN 978-3-89576-222-2 € 46,00 CHF 72,30

5 **310 Schaltungen**
ISBN 978-3-89576-217-8 € 36,80 CHF 57,80

Bausätze & Module CD- & DVD-ROMs

1 **Workshop-DVD Fahrzeugdiagnose**
ISBN 978-3-89576-225-3 € 29,80 CHF 46,80

2 **Workshop-DVD Röhrenverstärker**
ISBN 978-3-89576-226-0 € 29,80 CHF 46,80

3 **ECD 5**
ISBN 978-90-5381-159-7 € 29,50 CHF 46,40

4 **Elektor-DVD 2008**
ISBN 978-90-5381-235-8 € 27,50 CHF 43,20

5 **LED-Toolbox**
ISBN 978-90-5381-245-7 € 32,50 CHF 52,20

1 **Preselektor für den Elektor-SDR**
Art.-Nr. 090615-71 € 57,50 CHF 90,30

2 **R32C/111-Starterkit**
Art.-Nr. 080928-91 € 34,00 CHF 53,40

3 **OBD-2-Analyzer NG**
Art.-Nr. 090451-71 € 99,00 ... CHF 155,50

4 **R32C-Applicationboard**
Art.-Nr. 080082-71 € 149,50 ... CHF 234,80

5 **Effektvoller LED-Kreisel**
Art.-Nr. 080678-71 € 49,95 CHF 78,50

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

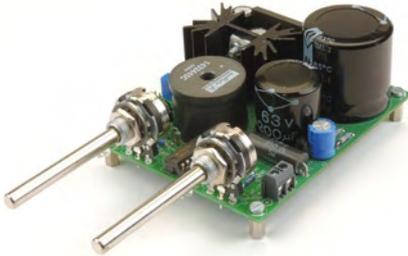


Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25, 52072 Aachen
Tel. +49 (0)241 88 909-0
Fax +49 (0)241 88 909-77
E-Mail: bestellung@elektor.de



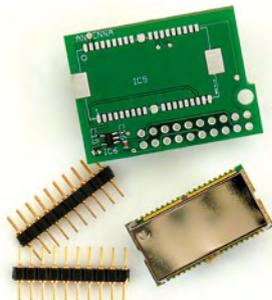
SMD-Messpinzetten

Nicht nur das Bestücken von SMDs erfordert geeignetes Werkzeug. Für das Messen an SMDs sind spezielle Mess-Pinzetten sicherlich kein überflüssiger Luxus. Inzwischen gibt es eine Reihe von derartigen Messgeräten auf dem Markt. Wir haben einige interessante Angebote ausgewählt und einem Praxistest unterzogen. Dabei wurden sowohl Messpinzetten mit integriertem Messgerät als auch SMD-Pinzetten für Multimeter auf ihre Tauglichkeit im Laboralltag untersucht.



Universelles Labornetzteil

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



OBD2-Analyser mit Bluetooth

Der in Elektor September 2009 veröffentlichte OBD-Analyser NG erfreut sich dank seines Funktionsumfangs großer Beliebtheit. Mit der im nächsten Heft vorgestellten Bluetooth-Erweiterung wird der Nutzwert noch weiter gesteigert. Über die drahtlose Verbindung zu einem Notebook-PC kann man den Analyser nicht nur vom PC aus steuern, sondern gleichzeitig auch alle Messwerte im Rechner speichern und zu einem späteren Zeitpunkt auswerten.



ELEKTOR April erscheint am 17. März 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.

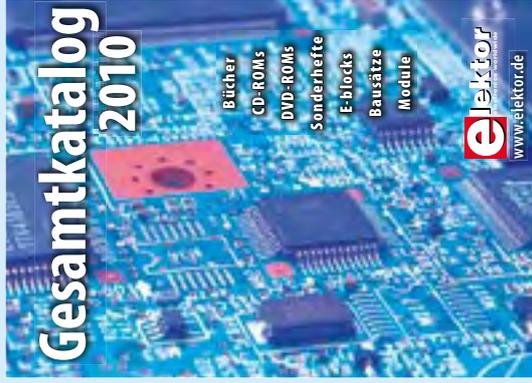
Bankverbindungen

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

Fordern Sie jetzt den neuen Elektor- Gesamtkatalog 2010 GRATIS an!



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

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

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

Hier ist meine Anschrift:

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

Antwort

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

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!



Hier ist meine Anschrift:

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

Antwort

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

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!

Alle Elektor-Events auf einen Blick

Workshops • Seminare • Masterclasses



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



C-Programmierung für µC

Bochum 22.02. bis 24.02.2010

www.elektor.de/c-prog

NEU!

Grafisches Programmieren mit AVR

Bocholt 05.03.2010

www.elektor.de/avr-prog

AVR-Mikrocontroller in der Praxis

Hannover 16.04. + 17.04.2010

Leipzig 23.04. + 24.04.2010

Luzern (Schweiz) 04.06. + 05.06.2010

München 22.10. + 23.10.2010

www.elektor.de/avr-workshop

CC2-ATmega

Leipzig 20.03.2010

Luzern (Schweiz) 29.05.2010

München 25.09.2010

Hannover 06.11.2010

www.elektor.de/cc2-atmega

PIC18-Mikrocontroller-Programmierung

Leipzig 25.02.2010

Hannover 26.02.2010

Luzern (Schweiz) 09.06.2010

München 20.10.2010

www.elektor.de/pic18

NEU!

Messen, Steuern, Regeln (MSR) über das Internet

Hannover 24.03.2010

Luzern (CH) 10.06.2010

Leipzig 17.06.2010

München 21.10.2010

Frankfurt am Main 28.10.2010

www.elektor.de/msr-workshop

Praxis des Gitarren-Röhrenverstärkers

Frankfurt am Main 27.03.2010

Luzern (Schweiz) 03.07.2010

Hannover 28.08.2010

München 09.10.2010

Leipzig 30.10.2010

www.elektor.de/gitarren-roehren



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

www.elektor.de/events

INSERENTENVERZEICHNIS MÄRZ 2010

Basista	www.basista.de	15
Beta Layout	www.pcb-pool.com	15, 27
Cadsoft Computer	www.cadsoft.de	17
Conrad	www.conrad.biz	2
Decision-Computer	www.decision-computer.de	59
Emis	www.emisgmbh.de	27
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	59
Future Technology Devices International Ltd.	www.ftdichip.com	13
Gie-Tec	www.gie-tec.de	59
LeitOn	www.leiton.de	9
Markt		75
mikroElektronika	www.mikroe.com	3
Pico	www.picotech.com/scope1061 ..	11
Reichelt	www.reichelt.de	88
Schaeffer AG	www.schaeffer-ag.de	27



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!

40-MHz-Digital-Speicher-Oszilloskop

- Speicher-Oszilloskop mit einer Bandbreite von 40 MHz, Sample Rate von 500 MS/s und einer Anstiegszeit < 8,7 nS
- Full-Color-LCD-Anzeige, 145 mm (5,7"), hintergrundbeleuchtet
- Darstellung der einzelnen Kanäle in unterschiedlicher Farbe
- komfortable Autoset-Funktion: automatische Einstellung auf unbekannte Signale
- Pre-Triggenung
- horizontale Zeitbasis: 10 nS ~ 50 s/div
vertikale Empfindlichkeit: 2 mV ~ 10 V/div

UT 2042 C
349.00



Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!



Katalog kostenlos!
 Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de

Wartungsfreie Bleibatterie mit extrem hohem Entladestrom

- 2 Volt



HAWKER D-2,5 AH	2500 mAh	5,95 €
HAWKER X-5 AH	5000 mAh	8,90 €
HAWKER E-8 AH	8000 mAh	11,80 €

Wartungsfreie Blei-Vlies-Akkus

- zertifiziert nach VdS
- Spannung: 12 Volt



Faston	H x L x B	Kapazität	Preis
WP 1,2-12	59 x 97 x 43	1,2 Ah	7,20 €
WP 1,9-12	66 x 178 x 34	1,9 Ah	9,35 €
WP 7,2-12	102 x 151 x 65	7,2 Ah	13,50 €

Faston	H x L x B	Kapazität	Preis
WP 12-12	100 x 151 x 99	12,0 Ah	21,95 €

Stecker-Schaltnetzteil

ECO-friendly nach ECO-design (EuP)

- max. 1500 mA/18W
- Maße: 82 x 52 x 36 mm
- Ausgang: 3 / 4,5 / 5 / 6 / 7,5 / 9 / 12 V DC
- inkl. 6-tlg. Adapterset

MW 3R15GS **8,95 €**

USB-Stecker-Schaltnetzteil

ECO-friendly nach ECO-design (EuP)

- USB-Ausgang 5,2 V DC
- max. 1000 mA, 5 Watt
- Maße: 72 x 46 x 33 mm

MW 3NU10GS **4,95 €**

Netbook-Schaltnetzteil, 65 Watt

ECO-friendly nach ECO-design (EuP)

- Ausgang: 9,5/12/14/16/18,5/19/20 VDC
- 9-tlg. Adapterset mit USB-Hub
- TÜV/GS-geprüft

MW 2107GS/F2USB **21,50 €**

Ladegerät mit Diagnosefunktion

für 2-V-, 6-V- und 12-V-Bleiakkus

- Ladestrom max. 0,6 A (autom. Anpassung)
- Softwaregesteuerte Akkutestfunktion und Defekterkennung
- Auto-Batteriepflegemodus, Erhaltungsladung, Verpolungs- und kurzschluss-sicher, Überladeschutz



AL 600 PLUS
21.95

Mehrstufige Vu-Ladekennlinie
 I-U1-U2-Phase

Sieben-Segment-Anzeige

- Symbolhöhe: 13,5 mm, rot
- Größe: 17,5 x 2,4 mm
- Bauhöhe: 7 mm
- gemeinsame Anode

SA 52-11 RT



0,55 €

Dot-Matrix-Display

- 5 x 7 Punkte, rot
- Größe: 17,8 x 12,7 x 6,4 mm
- Bauhöhe: 6,4 mm
- gemeinsame Anode

TA 07-11 RT



1,40 €

LCD-DIP-Display

RS-232, SPI, I²C

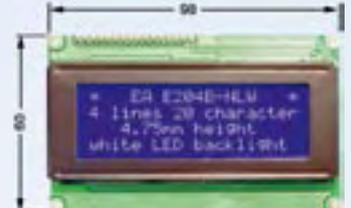
- einfache und schnelle Print-Montage
- Dotmatrix, grün mit LED-Beleuchtung
- Controller KS0073/HD44780 kompatibel
- Spannungsversorgung: 5 V



LCD	Zeichen-/höhe	Maße/mm	Preis
LCD 082 DIP	2 x 8/5,01 mm	40 x 20	15,05 €
LCD 162 DIP	2 x 16/6,68 mm	68 x 27	15,80 €
LCD 204 DIP	4 x 20/3,73 mm	68 x 27	19,95 €

Punktmatrix-LCD-Modul, blau

- weiße LED-Hintergrundbeleuchtung
- Ultra-Low-Power von 15...60 mA
- 4 x 20 Zeichen, Punktgröße: 4,75 mm
- Modulgröße: 98 x 60 x 14 mm
sichtbar: 77 x 25 mm



LCD 204B BL **31,75 €**

Passender LCD-Rahmen, schwarz:
 außen: 91 x 36,4 mm/sichtbar: 75 x 24 mm
 LCD FRONT 9 **6,80 €**

Starter-Kit sofort lauffähig, embedded und intelligent



10,9-cm-TFT-Grafikdisplay (4,3") mit Touch-Funktion

Diese intelligenten Displays sind durch das integrierte Micro-Controller-System samt Touchpanel sowie der integrierten Schriften und Grafikfunktionen sofort betriebsbereit. Über die farbige Darstellung lassen sich wichtige Prozessparameter oder Grenzwertüberschreitungen hervorheben.

- 4,3"-TFT-Display EA eDIPTFT43-ATP
- USB-Programmierboard EA 97777-USB
- CD mit Treibern, Editor, Compiler

EA START TFT43 **229,95 €**