

**SoCs, PSoCs ...
Alles auf einem Chip**

G3078 E

März 2011

(D) € 7,40 • CHF 14,30 • (A, B, L) € 8,20

+ MP3-Spieler selbst entwickeln!

www.elektor.de

Elektor

SatFinder Antennenausrichtung mit GPS

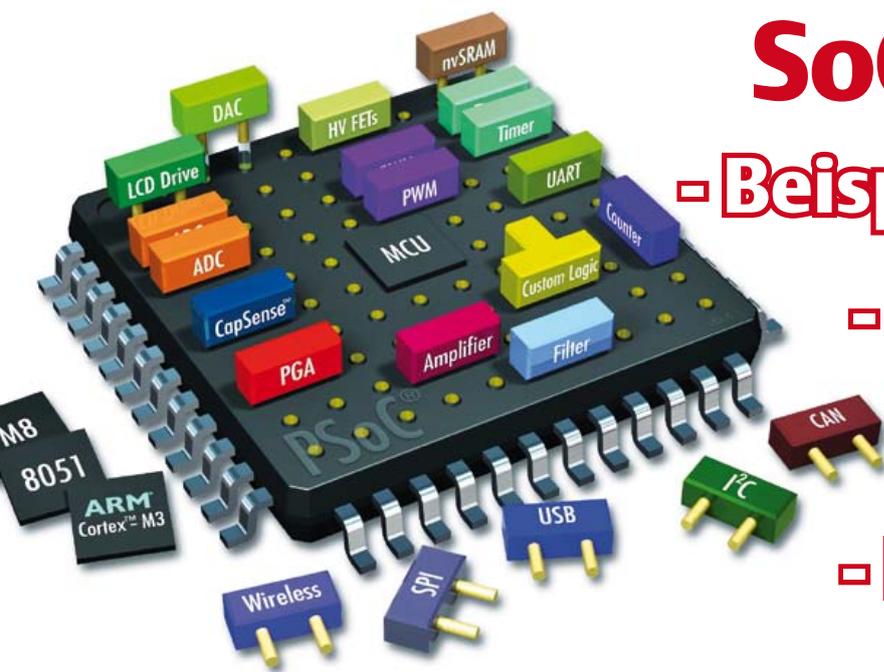
SoC, PSoC & Co.

- Beispielapplikationen

- Baukasten für ICs

- Schnellstart

- Entwicklungskits



+ Lichterkette mit 160 RGB-LEDs

Modulare Lichtschlange mit ATM18-Steuerung

**+ Zepter-ARM-Board:
Debuggen über JTAG**

Mit OpenOCD, GDB, Insight und Eclipse



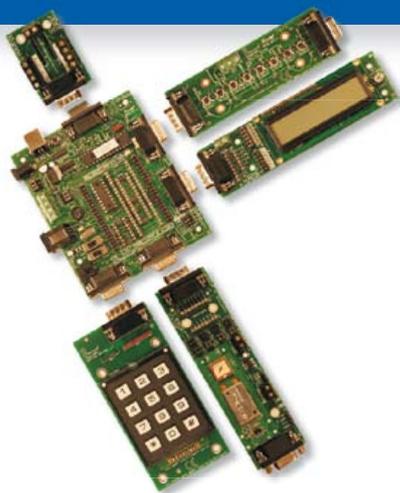
Entwickeln und Lernen



Flowcode 4 ist eine der weltweit besten grafischen Programmiersprachen für Mikrocontroller (PIC, AVR, ARM und völlig neu: dsPIC/PIC24).

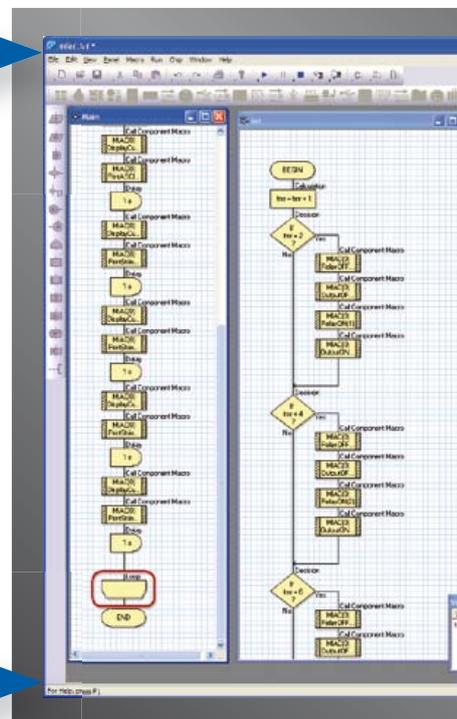
Der große Vorteil von Flowcode ist, dass man mit nur wenig oder gar keiner Programmiererfahrung in der Lage ist, komplexe elektronische Systeme in Minutenschnelle zu erstellen.

... 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 ist zudem mit dem Industriestandard CAN-Bus ausgestattet, über welchen mehrere MIACs vernetzt werden können. Flowcode gehört zum Lieferumfang der verfügbaren MIAC-Bundles.

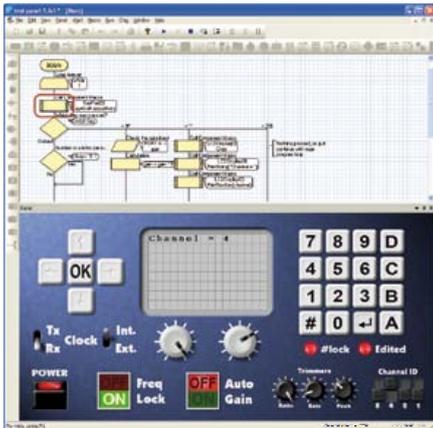
FlowKit

Das FlowKit-Modul ermöglicht 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

Der Traum vom eigenen Chip

Kundenspezifische ICs gibt es schon fast so lange, wie es überhaupt ICs gibt. Der erste kommerzielle Mikroprozessor der Welt – der 4004 von Intel – entstand ursprünglich als kundenspezifische Entwicklung im Auftrag des japanischen Tischrechnerherstellers Busicom. Dass diese 4-bit-CPU Ende 1971 trotzdem auf den (freien) Markt kam, war nur dem Umstand zu verdanken, dass Busicom aus finanziellen Gründen gezwungen war, das fertige Design an Intel zurückzuerkaufen. Für Busicom war damals der Traum vom eigenen IC ausgeträumt – und für Intel begann der traumhafte Aufstieg zum weltgrößten Chiphersteller...

Das Problem von Busicom ist im Grunde bis heute bestehen geblieben: Die Entwicklung kundenspezifischer ICs erfordert noch immer hohe Investitionen, die den Auftraggeber überfordern können. Es gab daher schon früh Überlegungen, die Entwicklungskosten solcher ICs durch standardisierte Basis-Designs und programmierbare und konfigurierbare Konzepte zu verringern.

Am einfachsten lässt sich ein (quasi) eigenes IC immer noch mit einem Mikrocontroller (also per Firmware) realisieren, und es gibt einige kleine Hersteller, hinter deren „speziellen“ ICs sich Standard-Controller wie PICs verbergen.

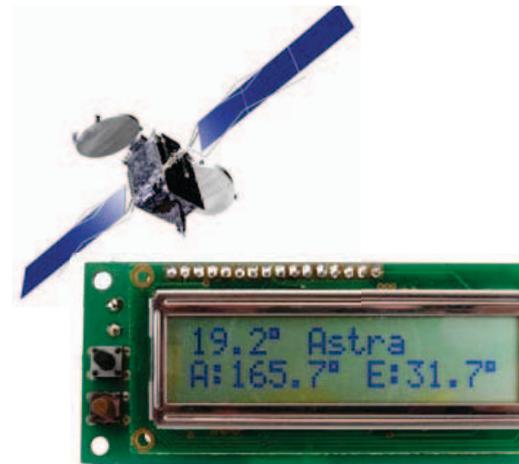
Eine etwas aufwendigere, aber auch sehr leistungsfähige Möglichkeit ist die Verwendung von FPGAs. Hier kann man auch komplexe Funktionsblöcke wie ganze CPUs per Software auf dem programmierbaren Chip – also in der Hardware – realisieren. Am anderen Ende stehen heute die SoCs, bei denen es sich in den meisten Fällen um „richtige“ ICs handelt. Will sagen, dass speziell für die Anwendung entwickelte Chips in einer richtigen Chipfabrik im bekannten fotolithografischen Prozess gebacken werden, wobei wir wieder bei den hohen Entwicklungs- und Anlaufkosten sind, aber auch bei (fast) unbegrenzten Möglichkeiten (siehe SoC-Artikel auf Seite 14).

Einen interessanten Mittelweg zum eigenen Chip stellen die in dieser Ausgabe ausführlicher behandelten PSoCs dar.

Hier lassen sich die auf dem Chip ab Werk neben der CPU vorhandenen Funktionsblöcke durch Software konfigurieren. Wie das geht, zeigen wir an Hand von zwei Beispielprojekten in dieser Ausgabe.

Ernst Krempelsauer

eilektor



6 Impressum

Who is who bei Elektor

8 Mailbox

Briefe, E-Mails und Ideen

10 News

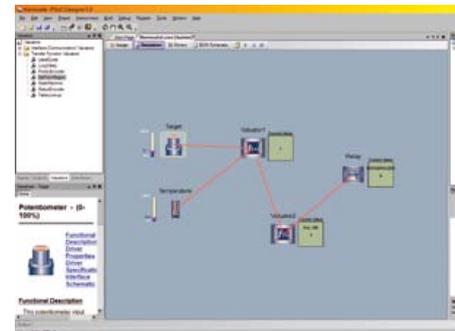
Neuheiten, Nachrichten und Termine

14 Alles auf einem Chip

Was macht ein IC zum SoC? Die Antwort liefert unser Streifzug durch die Welt der SoCs.

18 LCD-Ansteuerung mit PSoCs

Kompliziertes wird ganz einfach – mit PSoC 3, PSoC 5 und PSoC Creator.

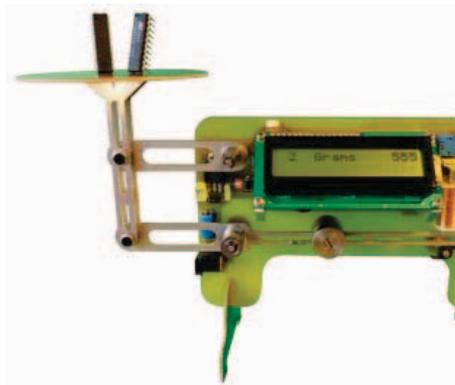


22 PSoC-Entwicklungskits

Entwicklungsboards und Zubehör für die PSoC-Chipfamilie.

24 SATFINDER

Antennenausrichtung mit GPS für Reisefreudige.



30 PSoC Designer

Ein Baukasten für ICs: Der einfache Einstieg in die Entwicklung mit PSoC-Controllern.

36 Eine Lichterkette mit 160 RGB-LEDs

Eine RGB-LED-Lichtschlange mit ATM18-Steuerung und sehr ungewöhnlichem Bedienungskonzept: Farbe mit Farbe steuern!



43 Labcenter

Hier kommt der Bus (3)
Die zwei Neuen im Labor

48 Leserprojekt: Elektronische Feinwaage

Auf $\pm 0,005$ g genau messen – ganz ohne Spezialbauteile!

24 SatFinder

Antennenausrichtung mit GPS

Wer regelmäßig eine Satellitenschüssel neu ausrichten muss (zum Beispiel, wenn ein Camper oder ein Boot damit ausgestattet ist), steht immer vor dem Problem, die jeweilige Satellitenposition zu ermitteln. Der GPS-basierte SAT-FINDER verfügt über eine Datenbank mit den beliebtesten TV-Satelliten und berechnet mit Hilfe der GPS-Standortdaten alles, was man zum Ausrichten der Antenne auf den Satelliten braucht.

30 PSoC Designer

Elektronik-Projekte ganz einfach

Wie fänden Sie es, wenn Sie ein Tool zur Verfügung hätten, mit dem Sie Ihr nächstes Projekt schlicht und einfach aus einer Auswahl fertiger, grafisch symbolisierter Module zusammenklicken könnten? Dass so etwas nicht nur möglich, sondern auch noch praktikabel ist, zeigen wir an Hand einer temperaturgesteuerten Lüfterregelung. Zum Einsatz kommen die konfigurierbaren PSoC-Controller und die kostenlose Software PSoC Designer 5.

48 Elektronische Feinwaage

Auf $\pm 0,005$ g genau messen - mit magnetischer Gegenkraft!

Elektroniker Jean-Philippe Pitoulet hat eine elektronische Feinwaage konstruiert, die eine Ungenauigkeit von $\pm 0,005$ g besitzt. Die wichtigsten Konstruktionsteile sind die Hebelmechanik mit Waagschale, der Permanentmagnet und die Kupferdrahtwicklung, die mikrocontrollergesteuert den Gleichgewichtszustand herstellt. Dazu kommt ein optischer Sensor, der den Gleichgewichtszustand erkennt. Die Elektronik kommt ohne kostspielige oder ungebräuchliche Bauteile aus!

58 Richtschall mit Ultraschall

Über 50 Piezo-Schallwandler erzeugen einen Richtstrahl

Wer zum ersten Mal Schall aus einem „parametrischen Lautsprecher“ hört, ist sehr überrascht und vielfach auch irritiert. Das Geräusch kommt scheinbar ganz aus der Nähe, obwohl eine daneben stehende Person gar nichts hört. In unserem Beitrag wird ein experimenteller Richtstrahler mit bis zu 50 m Reichweite beschrieben, der mit bis zu 200 PWM-getriebenen Piezo-Schallwandlern realisiert wird.

54 Eins, zwei, drei – MP3!

Wie entwickelt man eigentlich einen MP3-Player? Die hier vorgestellte Beispielapplikation mit einem TMS320C5515-Starterkit zeigt, wie es mit kostenloser Software und ein wenig Programmierkenntnissen geht.

58 Leserprojekt: Richtschall mit Ultraschall

Hörbarer Schall mit Ultraschall – und auf den Punkt gerichtet.

62 Zepter: Debuggen über JTAG

Es geht auch ohne hohe Softwarekosten - mit OpenOCD, GDB, Insight und Eclipse für Windows.

70 Zweifache lineare Stromversorgung für Flugmodelle

Die doppelte Stromversorgung erhöht die Zuverlässigkeit.

72 Bascom 8051 Mathematik Routinen

Software-Bibliothek mit kostenlosem Quellcode-Download.

76 Hexadoku Digest

Sudoku für Elektroniker

78 Retronik

Der schlechteste Fernseher aller Zeiten (1962)

80 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

84 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

Der für diese Ausgabe angekündigte Artikel „Drahtlose Telemetrie für den ElektorWheeler“ kann aus technischen Gründen leider noch nicht veröffentlicht werden.

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

42. Jahrgang, Nr. 483 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
Christian Vossen (Ltg.), Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Jan Visser

Grafische Gestaltung und Layout
Giel Dols, Mart Schroyen

3-tägiges Fachseminar C-Programmierung für Mikrocontroller



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

NEU!

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

Hanau 28.02. bis 02.03.2011
Hanau 13.09. bis 15.09.2011

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

1.240,00 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-medianservice.de

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 40 ab 01.01.2010

Vertriebsgesellschaft: IPS Pressevertrieb GmbH
Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

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

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

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

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

oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von 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.

© 2011 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)



ISSN 0932-5468

Nochmals: MAC-Adressen

Mailbox, Elektor 02/2011, S. 8 und Labcenter, Elektor 12/2010, S. 38 (100719)

Zum Thema MAC-Adressen in der Mailbox von Elektor Februar 2011 möchte ich gerne ergänzen, dass MAC-Adressen in einem LAN für das Internet völlig uninteressant sind. MAC-Adressen dienen zur Adressierung innerhalb einer Broadcast Domain (link layer im OSI-Modell). Jeder könnte somit in seinem LAN die gleichen MAC-Adressen nutzen, solange in diesem LAN eine MAC eindeutig ist. Wenn es dann zum IP-Routing geht (IP-Paket wird vom Router im LAN zu einem anderen Router geschickt), wird die ursprüngliche MAC-Adresse nicht mehr benötigt. Problematisch wäre es nur, wenn ein Router in mehreren LANs ist und die gleiche MAC in unterschiedlichen LANs finden würde. Die meisten Router bekommen dann Probleme mit ihrer ARP-Tabelle. Das lässt sich aber leicht vermeiden.

Viele Redundanz-Lösungen nutzen das Verschieben von MAC-Adressen in einem LAN (z.B. VRRP). Manche Load-Balancer nutzen die gleiche MAC für mehrere Geräte in einem LAN (Multicasting).

Markus Reschke

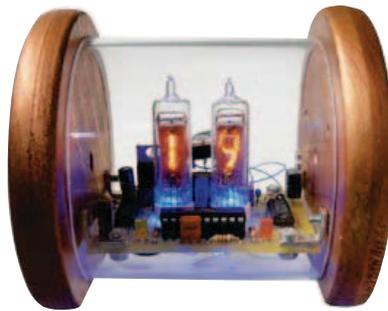
Temperaturmesser mit 3-Röhrenanzeige?

Nixie-Thermometer, Elektor 01/2011, S. 32 (090784)

Für die Anzeige der Zimmertemperatur braucht man meines Erachtens sinnvollerweise eine Auflösung von 0,1 °C und mithin eine dritte Nixie-Röhre. Lässt sich die angegebene Schaltung in dieser Weise ergänzen? Wenn nicht, habe ich die Vorstellung, ein leicht erhältliches Temperatur-Messmodul mit 7-Segment-Anzeige als Basis für Sensorik und A/D-Wandler zu benutzen, als Anzeige aber Nixies zu verwenden. Dazu müsste der für die 7-Segment-Anzeigen codierte Treiberausgang (z.B. 7106) auf Dezimalanzeigen umgesetzt werden. Sehen Sie hierfür eine einfache Möglichkeit?

Josef Buckstegge

Für die Ansteuerung einer dritten Röhre müsste man vier weitere Ports freimachen und damit auf die Umschaltung C/F oder die LED-Ansteuerung verzichten. Das Netzteil wird wahrscheinlich den erhöhten Strom liefern können. Jedoch ist dann noch relativ viel Umbau in der Firmware notwendig (die Ermittlung der Nachkom-



mastelle aus dem Temperatursensor ist recht aufwendig). Alternativ könnte man auf Multiplexansteuerung gehen - hier ist der Hardware- und Softwareumbau jedoch noch viel größer. Für das Messmodul mit 7-Segment-Ausgang sehe ich keine Chancen, da für jede Ziffer das 7-Segment-Muster in den 1 von 10-Code der Röhren (bzw. BCD) umgerechnet werden muss. Da sind dann schon mindestens 21+12 Ports weg. Und falls die LEDs gemultiplext sind, geht es überhaupt nicht.

Dieter Laues

Schaltplan zum I555

I555, Elektor 01/2011, S. 36 (100691)

Mit Interesse habe ich Ihren Artikel über den „I555“ gelesen. Was ich etwas vermisst habe, ist ein einfacher Schaltplan mit der externen Beschaltung. In Bild 3 auf Seite 40 kann man zwar sehen, wie der ATtiny beschaltet werden muss, den Wert des Potis vermisste ich dann aber doch noch im Text. Sonst eine echt gelungene Sache - weiter so!

Christian Lercher

Im Artikeltext ist zu lesen: „Noch interessanter ist aber sicher der Eingang CV an Pin 7. Hier kann man eine Gleichspannung zwischen 0 V und VCC anlegen, mit der sich entweder die Frequenz um mehr als eine Oktave oder aber das Puls-Pausenverhältnis im Bereich 1...99 % variieren lässt.“ Ich war daher der Meinung, dass es deutlich wäre, dass es um eine Spannung geht und nicht um einen Widerstandswert und dass ein Schalt-

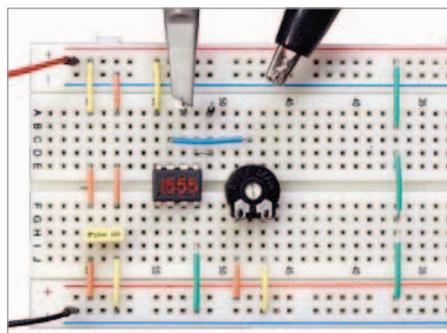


bild daher eher überflüssig - ja sogar irritierend ist, weil ja Bild 2 völlig ausreicht. Es muss ja nicht unbedingt ein Poti dran, eine Spannung genügt. Das Poti dient lediglich als Spannungsteiler zur Einstellung der Spannung an Pin 7. Es ist auf der einen Seite mit VCC und auf der anderen Seite mit GND verbunden, und der Schleifer liegt an Pin 7, so dass sich die Spannung am Eingang CV des iMulti zwischen 0 V und Vcc einstellen lässt. Der Wert des Potis spielt daher eigentlich keine wirkliche Rolle, falls man wie in Bild 3 eines verwendet, das in diesem Aufbau zu Testzwecken gesteckt war. Ich habe gerade noch einmal nachgeschaut: Das Trimpoti steckt noch auf dem Brett und hat einen Wert von 2,5 kΩ. Da der Eingang CV (Pin 7 des ATtiny am Schleifer des Potis) ziemlich hochohmig ist, dürfte jeder Potiwert zwischen 2,5 kΩ und 1 MΩ funktionieren. Bei (noch) kleineren Werten fließt natürlich unnötig viel Strom durch das Poti. Wenn man die externe Einstellbarkeit nicht benötigt, kann man Pin 7 auch einfach an VCC legen. Unbedingt nötig ist aber auch das nicht, da der Eingang in den Modi „Fast“ und „Fix“ über den internen Pullup auf VCC gelegt wird.

Dr. Thomas Scherer

Kein Audion

Retronik: 80 Kerzen für die Pentode, Elektor 10/2010, S. 76 (091047)

Die in dem Retronik-Artikel als Audion bezeichnete Schaltung ist kein Audion, da der Gitter-Kopplungskondensator (68 pF) und der Gitterwiderstand (rund 1 MΩ) fehlen. In diesem Fall spricht man von einem Anodengleichrichter. Am Gitter der Röhre entsteht keine niederfrequente Signalspannung. Die niederfrequente Spannung wird von der Spule L1 kurzgeschlossen. Außerdem ist die Regelung der Rückkopplung nicht die von F.H. Schnell. Die „Schnell-Schaltung“ verwendet einen Kondensator, mit dem ein Teil des HF-Anodenwechselstroms abgezweigt wird.

Robert Bregman

Vielen Dank für die interessanten Anmerkungen. Im Artikel wird aber deutlich angegeben, dass es sich um eine vereinfachte Audionschaltung handelt. Die gezeigte Schaltung basiert unserer Meinung nach schon auf dem im Text F.H. Schnell zugeschriebenen Prinzip. Es war nicht die Intention des Artikels, den Bau eines Original-Audions zu beschreiben. Der Schwerpunkt lag vielmehr auf dem 80-jährigen Pentoden-Jubiläum und der Verwendung einer Pentode.

Updates und Ergänzungen

TimeClick

Elektor 02/2011, S. 14 (100371)

Bedingt durch ein Firmwareupdate (aktuell Version 1.03) ist R12 von 470 k auf 10 k zu ändern.

Auch wenig summiert sich - Energy Harvesting zum Niedrigpreis

Elektor 02/2011, S. 16 (100533)

Auf S.16 unten rechts wird die Leistung von Solarpanelen mit 2...12 W/cm² angegeben. Hier ist ein Buchstabe verlorengegangen – die richtige Dimension ist: mW/cm²!

EKG drahtlos

Elektor 01/2011, S. 26 (080805)

Es wurden zwei Fehler gefunden:

- R12 = 3k3 (nicht 33 k, die 142-fache Verstärkung ist aber korrekt angegeben).
- Die Verstärkung von IC4 ist 15-fach (und nicht 7-fach, wie in Bild 1 und 2 versehentlich angegeben).

Nixie-Thermometer

Elektor 01/2011, S. 32 (090784)

Die im Text genannten und vom Autor für sein Mustergerät verwendeten Nixieröhren des Typs IN-16 mit transparentem Kunststoffsockel sind im „Nixiestore“ erhältlich, einem Onlineshop bei eBay. Der direkte Link ist: <http://stores.ebay.de/nixiestore>

Solar-Akkulader

Elektor 7-8/2010, S. 38 (090544)

Zwei Korrekturen im Schaltplan:

- Die Verbindung des Eingangs von IC3 nach Masse ist zu entfernen.
- Die Bezeichnung des Displays ist von 2 x 20 auf 2 x 16 zu ändern (ist im Text korrekt angegeben).

Transistor-Kennlinienschreiber

Elektor 02/2009, S. 20 (080068)

Es wurde noch ein Fehler in der Stückliste der Hauptplatine (080068-1) entdeckt: T2 ist – wie im Schaltplan korrekt angegeben – ein BC557.

In der Information zum Update auf die Software-Versionen 2.0 und 3.0 im letzten Heft war leider nicht ganz deutlich, ob ein Update der Firmware für beide Versionen erforderlich ist. Wegen der neuen Features erfordern beide Versionen ein Update der Firmware.

Im Klartext: Voraussetzung für die Verwendung der Steuersoftware in der Version 2.0 oder 3.0 ist eine Neuprogrammierung des Mikrocontrollers. Dazu muss das Programm „Curve_Tracer.mot“ (aus dem Debug-Ordner des R8C-Verzeichnisses der Curve_Tracer_V30.zip) in den R8C geladen werden (wie im Artikel beschrieben).

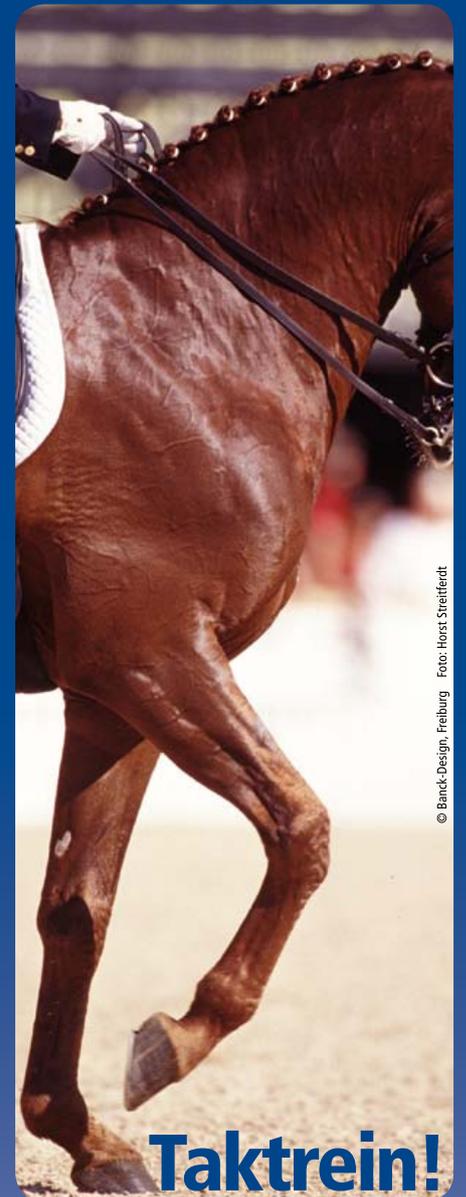


MailBox

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

Anzeige



© Banck-Design, Freiburg Foto: Horst Streitfert

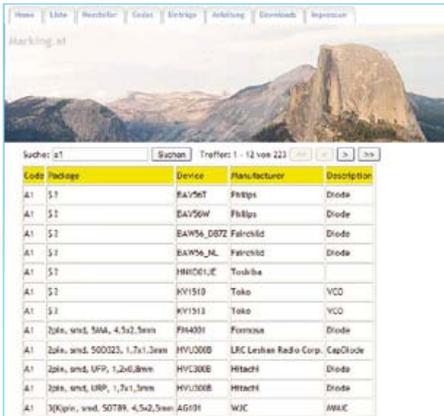
Taktrein!

**punktgenau
plangenau
preisgenau**

25 Jahre Wissen
und Erfahrung
Ihr Leiterplatten-
Spezialist!
1985-2010

**BECKER
MÜLLER** 
www.becker-mueller.de
Mit Online-Kalkulator!

Kostenlose Datenbank der Marking-Codes



Code	Package	Device	Manufacturer	Description
A1	S1	BA156T	Philips	Diode
A1	S1	BA156W	Philips	Diode
A1	S1	BA156A_D07Z	Fairchild	Diode
A1	S1	BA156A_M	Fairchild	Diode
A1	S1	HM1061UE	Toshiba	Diode
A1	S1	KV1510	Toko	VCD
A1	S1	KV1511	Toko	VCD
A1	Zdtk, smd, SMA, 4.7x2.5mm	FH4031	Formosa	Diode
A1	Zdtk, smd, 500023, 1.7x1.3mm	HYU000B	ERIC Leakes Radio Corp.	CapDiode
A1	Zdtk, smd, UFP, 1.2x0.8mm	HYC000B	Hittachi	Diode
A1	Zdtk, smd, UFP, 1.2x1.3mm	HYU000B	Hittachi	Diode
A1	3(K)pin, smd, S078R, 4.5x2.5mm	AG101	WIC	AMIC

Im Internet sind so manche Tools zu finden, die man als Elektroniker gut gebrauchen kann. So auch die Datenbank „Marking.at“ des Elektronikfans und Amateurfunkers Erwin Hackl. Wenn man Bauteile aus nicht mehr genutzten Platinen für die Wiederverwertung auslötet, gibt es sehr oft Probleme mit der Identifizierung der Komponenten (ganz speziell trifft das auf SMDs zu). Hier kommt eine Lösung, die in vielen Fällen weiterhilft: Die Datenbank enthält knapp 60.000 Einträge, nach Eingabe des Marking-Codes auf dem Gehäuse erscheinen die Hersteller, Typbezeichnungen und Gehäuseformen der gefundenen Bauteile. Der Zugang zur Datenbank ist kostenfrei.

www.marking.at

Einfache Erstellung von User-Interfaces

Immer mehr elektronische Geräte sind heutzutage mit einem grafischen TFT-Display oder gar TFT-TouchScreen ausgestattet, denn damit lassen sich sehr bedienerfreundliche User-Interfaces verwirklichen. Leider ist die Programmierung solcher „Bediener-Schnittstellen“ mit herkömmlichen Programmiersprachen aufwendig und auch nicht ganz einfach erlernbar. Vom Toolhersteller Mikroelektronika kommt



jetzt eine Entwicklungsumgebung, welche die Erstellung leistungsfähiger grafischer User-Interfaces auf TFT-LCD-Basis stark vereinfacht. Steuerelemente, die später Werte anzeigen oder Nutzereingaben entgegennehmen, können dabei einfach mit der Maus auf eine Art Zeichenbrett gezogen werden. Zur Ansteuerung des Displays wird automatisch Quellcode generiert, der sich mit den Compilern des Herstellers (nach Wahl C, Pascal oder Basic für PIC, dsPIC, PIC32 oder AVR-Controller) nutzen lässt. Neben einem Video kann man auf der unten angegebenen Website auch eine freie Demo-Version abrufen.

www.visualtft.com

Fünf neue Kurzhubtaster-Serien



Fünf neue Serien ergänzen das Sortiment an Kurzhubtastern von Würth Elektronik. Damit erweitert der Hersteller passiver und elektromechanischer Bauelemente sein Portfolio an Schaltern und Tastern für die Elektronikindustrie, zu dem auch DIP-Schalter und Drehcodierschalter gehören.

Mit einer Grundfläche von 6×6 mm sind die Modelle der Serien WS-TSS (SMD), WS-TSW (SMD und J-Bend, waschbar) und WS-TST (THT) erhältlich. Ihre Abdeckung ist aus Edelstahl, ebenso wie ihre Kontakte, die zusätzlich noch mit Silber beschichtet sind. Mit versilberten Anschlüssen, sowie Betätiger und Gehäuse aus LCP UL 94V-0 sind die Schalter nicht nur bleifrei und RoHS-konform, sondern auch für Betriebstemperaturen zwischen -40 und $+85^\circ\text{C}$ geeignet. Schalter dieser Größe zeichnen sich durch eine Strombelastbarkeit von bis zu 50 mA (12 VDC), einen Isolationswiderstand von $>100\text{ M}\Omega$ (@500 VDC), eine Durchschlagfestigkeit von 250 VAC/mm sowie einen Kontaktwiderstand von 100 m Ω aus.

Mit einem seitlichen Betätiger und einer modellabhängigen Positionierhilfe sind die Bauelemente der $3,5 \times 4,7$ mm messenden Reihe WS-TUS ausgestattet. Ihre elektrische Spezifikation ist identisch mit den 6×6 -mm-Kurzhubtastern. Die Taster der Serie WS-TRS

in SMD und J-Bend sind mit Grundflächen von $6,0 \times 3,5$ mm bzw. $6,0 \times 3,8$ mm verfügbar und sowohl in ihrer Materialzusammensetzung als auch in ihren elektrischen Eigenschaften kongruent mit den WS-TSS-Modellen. Ihr Schaltweg beträgt $0,25 \pm 0,1$ mm. Alle vorgestellten Kurzhubtaster sind für das Reflow-Löten geeignet. Die Bauteile sind ab Lager verfügbar, Muster kann man kostenlos erhalten.

www.we-online.de

Kostenlose Tools zur Embedded-Linux-Entwicklung

Toshiba Electronics Europe und kernel concepts, Spezialist für Open-Source-Entwicklung und -Integration, stellen kostenlose Tools bereit, mit denen sich die Entwicklung Linux-basierter Embedded-Systeme mit ARM9-Mikrocontrollern vereinfacht.

Zum kostenlosen Angebot zählen Board Support Packages (BSPs), Treiber und Software, die auf Toshiba's TMPA9xx-MCU-Familie abzielen. Sie lassen sich aber auch zur schnelleren Entwicklung von Anwendungen auf Basis des ARM9-CPU-Moduls von Glyn einsetzen. Mit diesem Angebot und dem professionellen Support von kernel concepts sollen selbst Entwickler mit geringer oder gar keiner Linux-Erfahrung derartige Systeme schnell implementieren können.

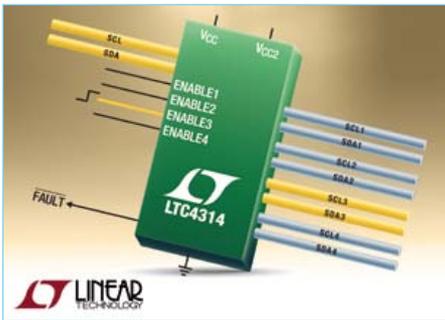
Toshibas MCU-Reihe TMPA9xx basiert auf einem 32-bit-ARM926EJ-S-Core, bietet eine Vielzahl von Peripherie und Schnittstellen und eignet sich daher ideal für Multimedia-Anwendungen und Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMI) in der Industrie. Die neuen BSPs stellen eine vollständige Entwicklungsumgebung für Linux-Systeme dar. Das Paket besteht aus dem Linux-Kernel, Bootloader und fertigen Root-Dateisystem-Images. Darüber hinaus stellt kernel concepts auf seiner Website auch Support und Software zur Verfügung, einschließlich gängiger Gerätetreiber und fertiger Applikationsdemos.

<http://tx09linux.kernelconcepts.de>

www.toshiba-components.com/microcontroller/index.html

Zwei- und Vierkanal-I²C-Multiplexer

Von Linear Technology kommen die Zwei- und Vierkanal-Multiplexer LTC4312 und LTC4314,



die zwei bzw. vier Kanäle multiplexen. Die Chips ermöglichen es, den I2C-Adressraum auf einfache Weise zu erweitern und eines von mehreren identischen Bauteilen zu adressieren; so lassen sich Adresskonflikte lösen. Viele I2C- und SMBus-Bausteine arbeiten mit unterschiedlichen Spannungspegeln, müssen aber in der gegebenen Anwendung miteinander kommunizieren. Die Multiplexer LTC4312 und LTC4314 unterstützen eine Pegelumsetzung für Busspannungen zwischen 1,5 V und 5,5 V. Sie ermög-

lichen dadurch eine bidirektionale Kommunikation zwischen Bausteinen, die durch verschiedene Spannungsquellen gespeist werden.

www.linear.com/4312
www.linear.com/4314

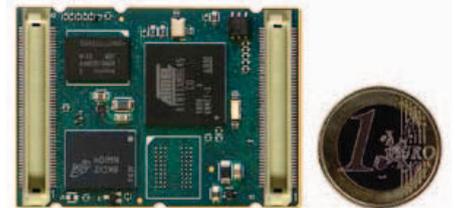
Neues ARM9-CPU-Modul

Mit der Stamp9G45 erweitert taskit seine Stamp-Produktfamilie um ein weiteres CPU-Modul. Der stromsparende Embedded-PC (Verbrauch unter 100 mW) hat eine Platinenfläche von nur 53,6 x 38 x 6 mm. Entwickelt wurde das CPU-Modul auf Basis des 32-bit-ARM-Controllers AT91SAM9G45 von Atmel (Taktfrequenz 400 MHz). Ausgestattet ist das CPU-Modul mit 128 MB DDRAM, 128 MB NAND-Flash sowie mit einem integrierten microSD Card Slot. 200 Prozessorpins sind über zwei 100-polige

industrietaugliche Hirose FX-8 Stecker herausgeführt. Zu den unterstützten Schnittstellen und Peripheriegeräten gehören unter anderem ein LCD/TFT-Controller, Ethernet, USB 2.0 Host und USB On-The-Go (OTG), USART, SPI, TWI (I²C kompatibel), JTAG, bis zu 80 digitale I/O-Ports und ein 16-bit-Parallel-Bus.

Das Betriebssystem Linux ist auf der Stamp9G45 bereits vorinstalliert. Das CPU-Modul wird auf der Embedded World vorgestellt (1.-3.3.2011 in Nürnberg, Halle 12 Stand 402) und voraussichtlich Ende März 2011 in Serie lieferbar sein.

www.taskit.de/ueber-uns/news-all-11.htm#c1466



Anzeige

**EXPRESSLIEFERUNG
AB 12 STUNDEN.**
 GARANTIRT PÜNKTLICH ODER GARANTIRT KOSTENLOS.

ab 12h
 Leiterplatten-Express! Pünktlich oder gratis!

LEITON
 RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Leiterplatten • Flex • Alu • Schablonen
 Jederzeit **online kalkulieren** und bestellen.

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

PCB-POOL
 DAS ORIGINAL SEIT 1994
 Beta LAYOUT

NEU! gut bestückt!
 Schon ab einem Bauteil

NEU! cool!
 ALU-Kern Leiterplatten

dichter!
 5mil track / 8mil drill

knackiger!
 Ritztechnik

kostenlos!
 Free Stencil

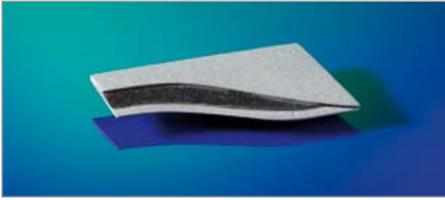
Alle eingesetzten Warenmarken sind eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller

www.beta-layout.com

Beta
 LAYOUT

Von Phil Knurhahn

Selbstüberwachende Hightech-Konstruktionen



Ob Flugzeug oder Windrad – für alle anspruchsvollen Konstruktionen hat das Fraunhofer-Institut IFAM einen Polymer-Metall-Verbundwerkstoff entwickelt, der sich selbst überwachen kann (Bild: FhG IFAM). Das Material ändert seinen elektrischen Widerstand bei hohen Belastungen und macht es so möglich, die Informationen an ein Mess- und Überwachungsgerät weiterzuleiten. Wegen des Kunststoffcharakters lässt sich das Material gut verarbeiten, andererseits leitet der hohe Metallanteil Wärme und Strom besonders gut. Künftig wollen die Forscher den leitfähigen Kunststoff über Düsen auch auf komplexe Formteile aufspritzen.

www.ifam.fraunhofer.de

Wirbel um Quecksilber in Energiesparlampen

Seit mehr als zwei Jahren taucht immer wieder die Frage auf, ob das in den Energiesparlampen (Bild: OSRAM) enthaltene Quecksilber eine Gefahr für die Nutzer darstellt. In modernen Energiesparlampen ist allenfalls etwa 2,5 mg Quecksilber enthalten. Verglichen mit alten Quecksilberthermometern, mit denen früher Fieber gemessen wurde, ist das ein winziger Bruchteil – mit dem Quecksilber in nur einem alten Thermometer könnte man zwischen 300 und 1000 Energiesparlampen bauen. Der nicht ganz unumstrittene Prof. Dr. Stefan Halbach, Toxikologe am Helmholtz-Zentrum in München-Neuherberg, hat dazu noch einen anderen Vergleich: In 2000 Liter Heizöl – das ist die durchschnittliche Menge, die ein Haushalt im Winter für die Heizung



benötigt – sind etwa 230 mg Quecksilber enthalten. Und das wird beim Verbrennen in die Umwelt freigesetzt.

Zusammenfassend kann man zu den quecksilberhaltigen Energiesparlampen sagen: Solange eine Energiesparlampe nicht zerbricht, braucht man sich überhaupt keine Gedanken zu machen. Zerbricht sie jedoch, sind ein paar simple Regeln bei der Entsorgung zu beachten, die man beim ZVEI oder beim Lampenhersteller Osram nachlesen kann.

www.osram.de/osram_de/Presse/ Publikumspresse/2010/101202_keine_gefahr_durch_energiesparlampen.html

Best of CES



Jedes Jahr küren die Redakteure des Technikmagazin CNET die besten und innovativsten Geräte, die auf der Consumer Electronics Show in Las Vegas zu sehen sind (Bild: CNET). Hier eine Auswahl:

Bei den Tablet-PCs hat sich CNET für das „Xoom“ von Motorola entschieden, das mit dem neuen Android-Betriebssystem „Honeycomb“ ausgestattet ist. Das Gerät bietet gleich zwei eingebaute Kameras, eine auf der Vorderseite und eine auf der Rückseite. (Anmerkung: Das iPad von Apple hat keine Kamera). Das Xoom soll – wenn es denn später möglich ist – für den mobilen Einsatz auf die nächste Mobilfunk-Generation LTE aufgerüstet werden.

Das „Razer Switchblade“ ist eine Art Netbook (diese Geräteklasse sieht man als Spielekonsole der Zukunft an). Das Gerät besitzt die für Spielekonsolen notwendigen Tasten und war wohl eher ein Testprototyp, der so noch nicht in Produktion gehen wird.

Als die Kamera mit dem interessantesten Design wurde die ultrakompakte Kamera

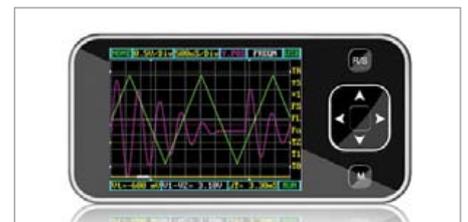


Tryx von Casio ausgewählt (Bild Casio). Wegen der flachen Form (1,5 cm Dicke) lässt sich beim besten Willen kein Zoomobjektiv mehr einbauen. Darum muss man sich mit einem elektronischen Zweifach-Zoom begnügen. Was die Kamera interessant macht, ist die bereits eingebaute Bildbearbeitung. Ach ja: Die Kamera nimmt auch Videos auf, in HD-Qualität!

Für die beste Bildverarbeitung wurde eine Handycam von Sony ausgezeichnet. Sie verfügt über einen eingebauten Projektor und ein spezielles Tonwiedergabesystem und kommt wahlweise mit einer 230 GB Festplatte oder einem 32-GB-Flashspeicher daher.

www.cesweb.org
www.cnet.com

Oszzi für die Hosentasche



Wer hat schon ein Oszilloskop in der Hosentasche? Gibt es nicht? Gibt es doch, das DSO Nano (Bild: Sseed Technology). Es ist in ein Smartphone-Gehäuse eingebaut und kommt – woher schon – aus China. Das Gerät wiegt nur 180 Gramm, hat ein 7 cm großes Farbdisplay mit 320 x 240 Pixel Auflösung und bedient den Frequenzbereich bis 1 MHz. Eingebaut ist ein 32-bit-Prozessor ARM Cortex-M3, der Analogsignale mit bis zu 1 MSamples/s und 12 bit Auflösung aufnimmt und verarbeitet. Die Signale werden auf einer SD-Card gespeichert. Das taugt zum Beispiel für einfache Audioanwendungen oder für die Signalverfolgung in Telefonanlagen. Ein Testsignal (10 Hz bis 1 MHz) ist eingebaut. Erhältlich ist das DSO Nano in Internetshops.

www.sseedstudio.com/depot/micro-digital-storage-oscilloscopedso-nano-p-512.html

FEBRUAR

28.2. - 2.3. Hanau bei Frankfurt am Main
Elektor-Seminar „C-Programmierung für Mikrocontroller“
 Das aus dem Fernlehrgang bekannte Team Bernd vom Berg und Peter Groppe führt in Vorträgen in die Mikrocontroller-Hardware und die Struktur der Programmiersprache C ein. Den Löwenanteil nehmen aber die praktischen Übungen ein, welche die Teilnehmer mit einem 8051er-Mikrocontrollerboard durchführen.
www.elektor.de/c-prog

MÄRZ

1. - 3. Nürnberg
Embedded World
 Diese Messe rund um Mikrocontroller und Co. ist das Elektronik-Highlight des Jahres. Auch das Konferenzprogramm kann sich sehen lassen.
www.embedded-world.de

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

2. - 3. Nürnberg
Electronic Displays
 Konferenz mit Vorträgen zu OLEDs, Touchscreens, Treibern, 3D-Displays, User-Interfaces und vielem mehr.
www.electronic-displays.de

15. - 17. Stuttgart
EMV 2011
 Der Name dieser Messe ist Programm. Parallel finden Workshops zum Thema statt.
www.e-emv.com

16. - 17. Nürtingen
VDI-Kongress Elektromobilität
 Themenfelder: Ladeszenarien, Vehicle-to-Grid, Lade-Standardisierung, Elektromotoren, Li-Ionen-Batterien, Energiemanagement, Leistungselektronik und viele mehr.
www.vdi-wissensforum.de/fileadmin/pdf/01KO107011.pdf



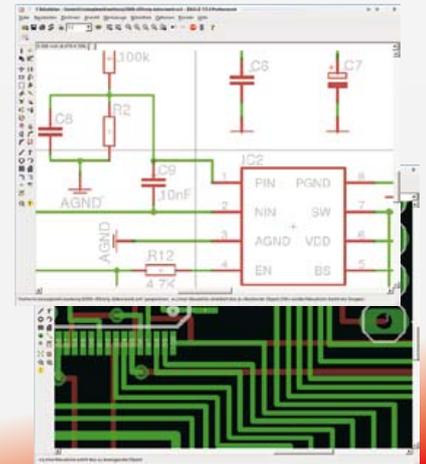
Zum sechsten Mal Produkt des Jahres*

Das bestätigt uns:
EAGLE bietet mehr als nur 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 Follow-me-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

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

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 sechs Signallayern bzw. für Schaltpläne mit max. 99 Seiten. In der Professional-Version entfallen diese Einschränkungen.

Neu! EAGLE Freemium

Testen Sie die zeitlich begrenzte Version für 60 Tage. Details finden Sie auf:
www.element-14.com/eagle-freemium

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

22. - 23. Dresden
Smart Systems Integration
 Anwendungsorientierter Kongress zur Integration miniaturisierter Systeme (MEMS, ICs, u.a.). Über 100 Referenten aus 19 Ländern präsentieren ihre aktuellen Forschungsergebnisse.
www.mesago.de/de/SSI/main.htm

23. - 25. Stuttgart
Eltefa
 Beleuchtung, Kommunikation, Sicherheit, Messtechnik, Automatisierung und Antriebe sind nur einige der Schwerpunkte dieser Elektrotechnik-Messe.
www.messe-stuttgart.de/eltefa

29. Hamburg
Elektor-Seminar „Eagle PCB und Design“
 Vom Schaltungsdesign bis zur Platinenfertigung reicht die Themenpalette. Dazu gibt's Tipps und Tricks zum Umgang mit dem bekannten Elektronik-CAD-Programm.
www.elektor.de/eagle-seminar

APRIL

4. - 8. Hannover
Hannover Messe
 Die Robotik und die Nanotechnologie sind nur zwei der attraktiven

Themenfelder. Topthema in diesem Jahr ist die Energieeffizienz.
www.hannovermesse.de

5. - 6. Düsseldorf
Printed Electronics Europe
 Konferenz und Ausstellung zum Thema „Gedruckte Elektronik“. Parallel findet die „Photovoltaics Europe 2011“ statt.
www.idtechex.com/printed-electronics-europe-11

6. - 9. Frankfurt am Main
Prolight and Sound
 Fachmesse (Licht- und Bühnentechnik, Beschallung).
www.prolight-sound.com

Alles auf einem Chip

Die Welt der SoCs

Von Dr. Thomas Scherer (D)

Einige Fachbegriffe der Elektronik sind alles andere als genau definiert und das Akronym SoC ist ein Musterbeispiel hierfür. Man kann darunter entweder nur wenige hochkomplexe Industrie-Chips oder auch so ziemlich alles verstehen, was irgendwie rechnen kann – vom simplen Mikrocontroller bis hin zum Ein-Chip-PC. Wir unternehmen einen Streifzug durch die Welt kleiner und größerer Bausteine und versuchen zu klären, was ein IC zum SoC macht.



Bild 1. Die Geode-Familie von AMD umfasst eine Reihe besonders stromsparender und hochintegrierter Chips, in denen fast alle wesentlichen Teile eines PCs (außer Speicher und Interface-Chips) integriert sind.

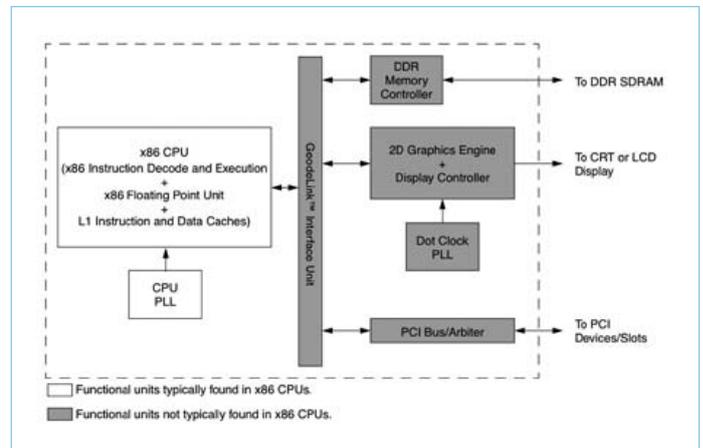


Bild 2. Das Blockschaltbild des Geode-Chips zeigt neben der x86-CPU die Speicherverwaltung, eine GPU und die Anbindung an PCI-Slots. Fast schon ein kompletter PC-on-a-Chip!

Beispielhaft für die unscharfe Definition des Begriffs SoC (System on a Chip) ist schon der Anfang des deutschen Wikipedia-Artikels [1]. Aus der Einleitung wird man nicht so recht schlau, überdies ist der Artikel mit dem Foto eines kleinen Ein-Platinen-Computers als „Beispiel eines Einchipsystems“ aufgemacht (zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses dieser Elektor-Ausgabe). Es scheint also wirklich alles irgendwie ein SoC zu sein...

Um Wikipedia nicht Unrecht zu tun, sollte man ergänzen, dass die Problematik auf der zugehörigen Diskussionsseite erörtert wurde und der (bessere) englische Wikipedia-Artikel ein Foto nur des Geode-Prozessors [2] präsentiert, der schon eher als SoC-Beispiel durchgeht. Am Geode-Chip (Bild 1) kann man auch schon einen zentralen Unterschied zum konventionellen Prozessor ausmachen: Die Grafik in Bild 2 zeigt, dass neben einer kompletten x86-CPU auch noch diverse weitere Funktionseinheiten auf dem gleichen Chip untergebracht sind, die üblicherweise mit extra Bausteinen realisiert werden. Ein SoC ist also mindestens eine Art CPU+.

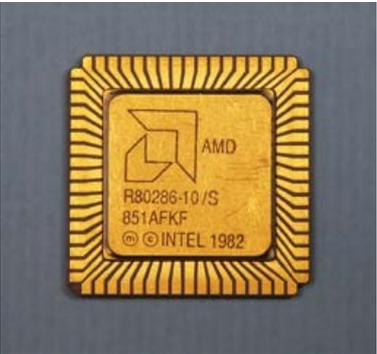
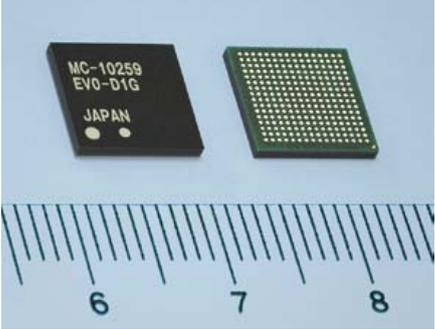
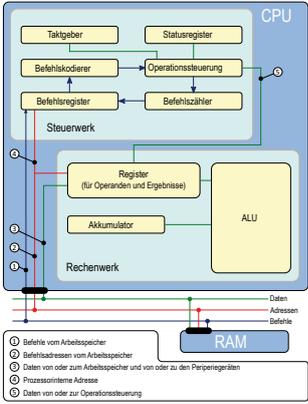
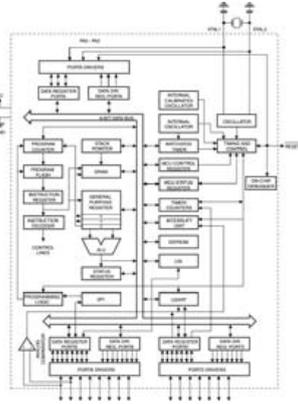
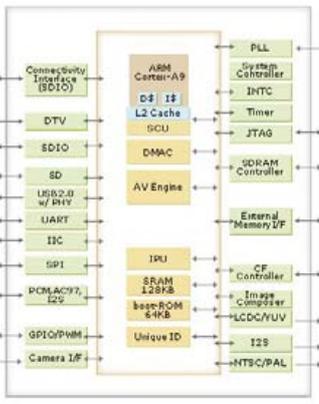
An- und Abgrenzungen

An konkreten Beispielen sind die Differenzen gegenüber einem „normalen“ Prozessor am besten festzumachen. Schwieriger

wird es schon mit allgemeingültigen Kriterien. Außerdem gibt es ja noch die Mikrocontroller, die SoCs noch wesentlich ähnlicher sind und Differenzierungen damit weiter erschweren. Eine gebräuchliche Definition besagt, dass Mikrocontroller Chips sind, die außer einem Prozessor mindestens noch weitere Peripheriefunktionen integriert haben. Das aber trifft auch auf SoCs zu. Und dass Mikrocontroller spezielle Ein-Chip-Computer sind, das kann man auch einem SoC zuschreiben. Außerdem ist es lange her, dass eine CPU nichts anderes konnte als rechnen: Moderne Prozessoren haben ebenfalls bestimmte Peripheriefunktionen integriert, da dann weniger Chips notwendig sind. Machen die drei Begriffe also irgendeinen Unterschied, der einen Unterschied macht, oder sind Prozessor, Mikrocontroller und SoC mehr oder minder synonym zu verwenden?

Die Grenzen zwischen diesen Kategorien sind fließend. Dennoch sind die drei Begriffe sinnvoll, denn sie bilden die Entwicklung und die Funktion dieser Chips sprachlich ab. Und die Geschichte der Chip-Entwicklung ist eher von einer Evolution mit kleinen Sprüngen als von wenigen, alles umwälzenden Revolutionen geprägt. Die historische Entwicklung ist eine Geschichte der quantitativ und

Tabelle 1. Prozessor, Mikrocontroller und SoC
Gegenüberstellung mit typischen Beispielen. Von links nach rechts nimmt die Spezialisierung der Chips zu.

Prozessor	Mikrocontroller	SoC
 <p>286er Klon von AMD</p>	 <p>8-bit-Mikrocontroller ATTiny 2313 von Atmel</p>	 <p>EVO-D1G von Renesas: Integrierter Multimedia-Player</p>
		
<p>Steuerlogik zur Abarbeitung von Befehlen, Rechenwerk und Systembus als minimale Ausstattung (Grafik: Bernhard Ladenthin, Wikipedia.de)</p>	<p>Prozessor, interner Bus und Peripherie (Speicher, A/D-, D/A-Converter, externe Busse, I/O, Timer etc.)</p>	<p>Prozessor, interne(r) Bus(se) und komplexe Peripherie (Speicher, Video, externe Busse, Spezialfunktionen etc.)</p>

qualitativ immer komplexeren Integration mit einer Zunahme von Rechenleistung und Funktionen gleichermaßen.

In **Tabelle 1** sind die drei IC-Typen mit Beispielen aufgelistet. Eine ältere 286er CPU dient als Beispiel für Prozessoren. Der 8-bit-Mikrocontroller von Atmel soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass heute sehr schnelle 32-bit-Exemplare existieren, die schon mehrere hundert Kilobyte RAM an Bord haben. Sicherlich verfügen moderne PC-Prozessoren über die höchste machbare Rechenleistung, doch aktuelle SoCs für Multimedia-Anwendungen sind im Vergleich dazu so schwach nicht. Man denke nur einmal an die GHz-SoCs in iPhone und iPad. Das rechte Blockschaltbild zeigt, welche Vielfalt an Technik in modernen SoCs mit ARM-Core-Technik stecken kann. Generell lassen sich die Chip-Familien folgendermaßen ordnen:

- Leistung: Prozessor > SoC > Mikrocontroller
- Spezialisierung: SoC > Mikrocontroller > Prozessor
- Kosten: Prozessor > SoC > Mikrocontroller

Anwendungen

Das zuvor Gesagte legt nahe, dass man SoCs als eine Art Super-Mikrocontroller betrachten kann, die aber spezieller auf bestimmte

Anwendungsbereiche zugeschnitten sind. Die eigentliche Triebfeder zur Entwicklung von SoCs ist die stärkere Integration von möglichst vielen Gerätefunktionen in einen Chip, weil dadurch trotz höherer Zuverlässigkeit nicht nur Kosten reduziert werden, sondern dank modernster Chip-Fertigung auch immer mehr Rechenleistung bei sinkendem Energiebedarf zur Verfügung steht. Gerade Letzteres ist für Mobilgeräte wie Smartphones oder Tablet-PCs eine entscheidende Größe. Aber auch wenn man nicht an die SoC-Oberklasse denkt, hat der Einsatz von Brot-und-Butter-SoCs bei nicht ganz so aufregenden Dingen wie zum Beispiel WLAN-Modulen große Vorteile, was Platz- und Strombedarf angeht. Selbst bei Steueraufgaben, die eigentlich für Mikrocontroller prädestiniert sind – sei es in einer Waschmaschine oder in einer Industriesteuerung – sind SoCs aus Leistungs-, Abmessungs- und Kostengründen immer mehr auf dem Vormarsch.

Neben den Vorteilen bei Leistung, Strom- und Platzbedarf bieten vor allem die Entwicklungskosten einen Anreiz zum Einsatz von SoCs. Da diese aufgrund der integrierten komplexen Peripheriefunktionen spezifischer auf einen Anwendungsbereich zugeschnitten sind, bieten die Chip-Hersteller mit den von ihnen zur Verfügung gestellten



Bild 3. Beim ADuCRF101 von Analog Devices handelt es sich um ein SoC mit 32-bittigem Arm-CPU-Kern und integriertem UHF-Transceiver, das sich vor allem für drahtlose Sensornetzwerke eignet.

Entwicklungssystemen in aller Regel auch spezielle Bibliotheken an. Mit diesen lassen sich die On-Chip-Funktionen auf recht abstrakter Ebene ansprechen. Das Erstellen und die Pflege der Geräte-Firmware ist also für den Entwickler einfacher, als wenn er diese Spezialfunktionen in Form einer Ansteuerung diverser Peripherie-Chips selbst implementieren müsste. Letztlich muss man sich als Entwickler bei SoCs auf eine breitere Palette unterschiedlicher Chips einstellen und wird hierfür durch eine umfangreichere Herstellerunterstützung bei der Entwicklung und mit kleineren Geräten belohnt. Selbstverständlich gibt es für die einzelnen SoCs von SoC- und Dritt-Herstellern geeignete

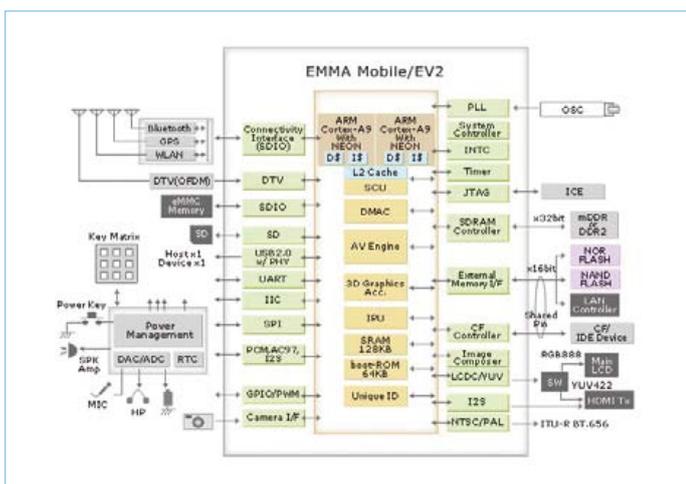


Bild 4. Blockschaltbild des EMMA Mobile EV2 von Renesas. Diese Dual-Core-Lösung ist so leistungsfähig, dass nur wenige Zusatzchips genügen, um damit ein komplettes Smartphone zu realisieren.

Technische Daten ADuCRF101

UHF-Transceiver
 Frequenz: 862...928 MHz und 431...464 MHz
 Datenrate: 1...300 kb/s
 Empfindlichkeit: -107,5 dBm bei 38,4 kb/s
 Codierung: 2FSK (in Hardware)

Mikrocontroller
 CPU-Typ: ARM Cortex M3 (32 bit)
 Takt: 16 MHz
 Speicher (integriert)
 Flash: 128 kB
 SRAM: 16 kB

Integrierte Peripherie
 Seriell: UART, I2C und SPI
 Parallel: 29-Pin-GPIO
 Timer: Wake-up, Watchdog, 8-Kanal-PWM

Entwicklungsboards, wodurch sich die Prototypenentwicklung deutlich vereinfacht. Hierzu liefert ein weiterer Artikel in dieser Ausgabe einen Überblick. Den PSoCs des Herstellers Cypress ist ebenfalls ein eigener Artikel gewidmet – im Gegensatz zu den hier erwähnten SoCs bieten diese Chips per Software konfigurierbare analoge und digitale Funktionsblöcke, womit sich Entwickler quasi einen eigenen SoC-Baustein designen können.

Beispiel 1: Radio-on-a Chip

Zwar spricht Analog Devices auf der Webseite des Chips ADuCRF101 [3] selbst von einem „Precision Analog Microcontroller ARM Cortex M3 with ISM band Transceiver“, doch genau die Integration von analoger HF-Elektronik berechtigt dazu, bei diesem IC von einem SoC zu sprechen. Bei der weiteren Peripherie wie A/D-Konverter, Interfaces und Timern und auch bei der Rechenleistung oder der Ausstattung mit Speicher unterscheidet sich der Chip nicht unbedingt von modernen Mikrocontrollern. Hier zeigt sich also deutlich, dass die Grenzen fließend sind. Die komplette Ausstattung ist zusammen mit den technischen Daten in einem extra Kasten aufgelistet. Die Illustration von Analog Devices in **Bild 3** macht klar, wozu dieser

Technische Daten EMMA Mobile EV2

Grafik/Video/Audio
 2D/3D-Grafik: 14,7 MPolygone/s, 500 MPix/s
 Video (1080p): H264, MPEG2, MPEG4, VC-1
 Audio: MP3, AACHE-AAC, WMA, AC-3 Dolby digital 5.1

Mikrocontroller
 CPU-Typ: ARM Cortex A9 /NEON Dual-Core
 Takt: 533 MHz

Speicher (Controller)
 Flash: NOR, NAND, eMMC
 RAM: Mobile DDR-400 / DDR2-533

Stromversorgung

Spannung: 1,8...3,6 V
 Strom (Sleep mode): 1,6 µA
 Strom (Empfang): 12,8 mA
 Strom (Senden): 9...32 mA
 (CPU jeweils im Power-Down-Mode)

Analog-I/O

A/D-Konverter: Multi-Kanal
 Auflösung: 12 bit
 Samplerate: 1 MS/s
 Spannungsreferenz und Temperatursensor integriert

Sonstiges

Gehäuse: 64 pol. LFCSP (9 x 9 mm) Temperaturbereich: -40...85 °C

Chip gedacht ist: Er eignet sich für eine Vielzahl batteriegespeicher drachtloser Sensornetzwerke wie Energiezähler, medizinische Telemetriesysteme, Systeme für die Gebäudeautomatisierung und zur Verfolgung von Gütern sowie für Sicherheitssysteme. Gegenüber konventionelleren Lösungen mit Mikrocontroller plus extra Transceiver-Hardware spart man aber dank der nur 81 mm² messenden Platinenfläche nicht nur Platz, sondern auch Strom, da die analoge Elektronik in die diversen Sleep-Modes einbezogen ist. Das IC unterstützt außerdem schon den ISO-18000-7-basierten Standard „DASH7“ [4] für vielseitig verwendbare drahtlose Sensornetzwerke bei 433,92 MHz und darüber hinaus auch auf IEEE 802.15.4 basierende Netzwerke. Zum ADuCRF101 gibt es nicht nur Evaluation-Boards und Zubehör, sondern auch chip-spezifische Compiler mit Software-Bibliotheken für die integrierten Funktionen und Tools wie einen Strom-/Batterielaufzeit-Rechner.

Beispiel 2: Multimedia-on-a Chip

Ein ganz anderes Kaliber sind die Multimedia-Ein-Chip-Lösungen von Renesas. In der Chip-Familie EMMA Mobile [5] mit dem Typ EV2 gibt es sogar eine Dual-Core-Variante, die gleich zwei ARM-CPU-

Stromversorgung

Spannung: 1,1...1,3 V (ohne Speicher)

Integrierte Peripherie

Seriell: 4 x UART, 2 x I2C, SPI oder Audio
 Parallel: konfigurierbare GPIOs
 USB: 1 x USB 2.0

Weitere Funktionen

Image Resizer, Rotator, Composer (LCD)
 LCD-Treiber RGB565/666/888
 Kamera-Interface 8 bit parallel

Kerne vom Typ Cortex A9 beherbergt. Mit 533 MHz Takt und den vielen integrierten Funktionen legt sie genug Power an den Tag, um selbst HD-Videos in 1080p ruckelfrei decodieren zu können. Dank integrierter 2D/3D-Grafik, LCD-Treiber, Video- und Audio-Decodern und einer Menge Schnittstellen benötigt dieses SoC nur noch ein paar Interface-Chips für Tastatur, Power-Management, Funk (WLAN, Bluetooth, GPS), Speicher sowie ein LCD - und schon ist das Smartphone fertig. Renesas kommt mit diesem SoC dem Ideal einer kompletten Ein-Chip-Lösung schon recht nahe.

Betrachtet man den inneren Aufbau in **Bild 4** und wirft einen Blick auf den Kasten mit den technischen Daten, dann wird klar, dass es sich hier um einen richtigen Monster-Controller handelt. Renesas spricht vornehm von einer „Next generation of multimedia SoCs“. Diese Chips gibt es in mehreren Varianten, darunter die Ausführung EV0-D, die in Tabelle 1 abgebildet ist. Dieses Single-Core-Derivat hat ein paar Funktionen weniger, ist aber mit nur 9 x 9 mm Kantenlänge gleich groß wie das sehr viel einfacher gestrickte IC aus Beispiel 1. Dennoch genügt ein solcher SoC, um damit einen Multimedia-Player oder E-Book-Reader zu realisieren. Man kann damit auch TV-Geräte zum Netzwerk-TV hochrüsten.

SoC-Zukunft

Bei den heutigen kurzen Produktzyklen und hohen Leistungsanforderungen sowie bei der aktuell sehr positiven Marktentwicklung von mobiler Elektronik ist es nahezu zwangsläufig, dass spezialisierte SoCs ein immer größeres Gewicht bekommen. Der Trend zum High-End-SoC geht mittlerweile sogar so weit, dass der millionenfache Absatz von iPhone und Co. (kombiniert mit der erst im Entstehen begriffenen Welle der iPads und anderer Tablet-PCs) zum Wachstum des SoC-Markts auf Kosten des Umsatzes mit Net- und Notebook-CPU's geht. Davon profitieren die beiden nur schwach im SoC-Markt vertretenen Halbleiter-Riesen Intel und AMD deutlich weniger als die Vielzahl kleinerer und auf den Embedded-Markt spezialisierter Hersteller - und die hinter vielen SoC-Rechenkernen steckende Firma ARM. Glücklicherweise ist der SoC-Markt im Moment kaum monolithisch: Die Wikipedia-Liste der SoC-Hersteller [6] kommt immerhin auf 74 Einträge. Diese Konkurrenz sorgt jetzt schon für ein sehr breites Angebot an SoC-Lösungen und forciert auch aufgrund der zu erwartenden enormen Umsätze viele interessante Neuentwicklungen.

(100855)

Weblinks

- [1] http://de.wikipedia.org/wiki/System_on_a_Chip
- [2] www.amd.com/us/products/embedded/processors/geode-lx/Pages/geode-lx-processor-family.aspx
- [3] www.analog.com/en/analog-microcontrollers/analog-microcontrollers/aducrf101/products/product.html
- [4] www.dash7.org
- [5] www2.renesas.com/mobile/en/emma_mobile/em_ev.html
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_system-on-a-chip_suppliers

LCD-Ansteuerung mit PSoCs

Kompliziertes wird ganz einfach!

Von Robert Jania (Product Marketing Manager Cypress, USA)

Die Chips PSoC 3 und PSoC 5 von Cypress verbinden Mikrocontroller-Kerne mit programmierbarer analoger und digitaler Peripherie. Die integrierte Entwicklungsumgebung PSoC Creator erlaubt dabei eine einfache und schnelle Anwendungsentwicklung. Wir demonstrieren das Ganze am Beispiel einer LCD-Ansteuerung.

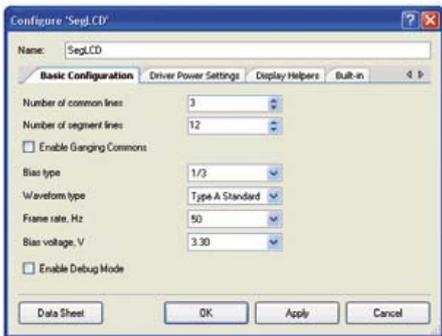


Bild 1. Konfigurationsfenster des PSoC Creators.

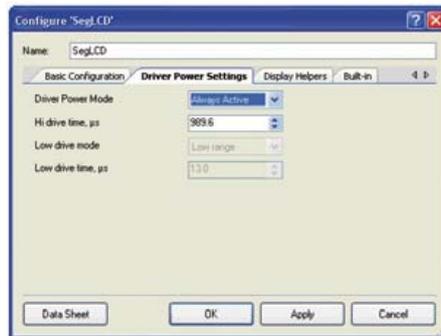


Bild 2. Driver Power Settings.

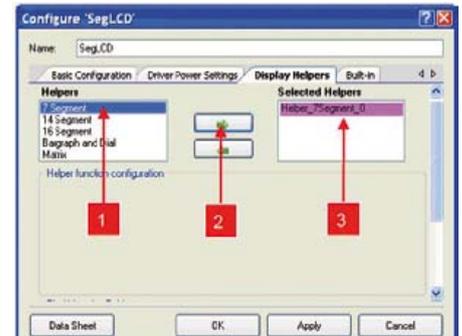


Bild 3. Display Helpers.

Anstelle einen Controller nach der Anzahl benötigter Timer, PWM-Ports, UARTs etc. auswählen zu müssen, bietet ein PSoC (Programmable System on a Chip) Peripherie mit einem unterschiedlichen Grad an Programmierbarkeit. Solch ein Chip ist somit nicht auf eine bestimmte Anwendung spezialisiert, sondern kann dynamisch konfiguriert werden (und verhindert so brachliegendes Silizium). Man muss also keine ungenutzte Peripherie mitkaufen.

Eigene LCD-Ansteuerung

Der PSoC Creator bietet Funktionen via „drag and drop“ an. Für eine Segmentansteuerung eines LCDs beispielsweise programmiert man einen Mikrocontroller so, dass er mit seinen I/O-Leitungen die entsprechenden Steuersignale für die einzelnen LCD-Segmente produziert.

Die Programmierung dieser Signale aber erfordert unzählige Code-Zeilen, Lookup-

Tabellen und Funktionen. Diese regelmäßig wiederkehrende Neuerfindung des Rads kostet Zeit, die man besser in die Funktionen investiert, die das zu entwickelnde Gerät von der Konkurrenz abhebt. Der PSoC Creator löst solche Probleme!

Optimierter Selbstbau

Der PSoC Creator bietet viele vorkonfigurierte Komponenten, was die Entwicklungszeit deutlich reduziert. Das Beispiel einer direkten LCD-Ansteuerung zeigt, wie das geht. Hierzu werden die gemeinsamen und die Segment-Leitungen ausgewählt, dann der Signal-Typ zur Ansteuerung bestimmt und die Bildfrequenz festgelegt. Hinzu kommt die Einstellung von Bias-Spannung, Kontrast, „Drive Power“ und den so genannten „Display Helpers“.

Zuerst wird via „drag and drop“ die Komponente **Segment LCD** aus dem Komponenten-Katalog von PSoC Creator ausgewählt. Ein Doppelklick auf diese Komponente öff-

net ihr Konfigurationsfenster. Drei Tabs sind relevant: „Basic Configuration“, „Drive Power Settings“ und „Display Helpers“. Die Tabs für „advanced functions“ und „default parameters“ kann man für dieses Beispiel ignorieren. Diese Einstellungen und etwas Code reichen aus, das Projekt zu erstellen, zu kompilieren und zu testen.

Die Parameter des Tabs „Basic Configuration“ sind in **Bild 1** zu finden:

Number of common lines:

Diese Einstellung hängt vom Display-Typ ab; hier „3“ einstellen.

Number of segment lines:

Dieser Parameter ist ebenfalls vom LCD abhängig. „12“ ist hier richtig. Das Produkt aus der Anzahl der gemeinsamen und der Segment-Leitungen ergibt die Zahl ansteuerbarer Segmente. Mit den hier angegebenen Werten können also maximal 36 Seg-

Lösen Sie das Hexadoku dieses Monats und gewinnen Sie ein PSoC 5 First Touch Starter Kit von Cypress

Es ist sicherlich kein Problem, mit diesem PSoC-basierten LCD die Buchstaben A bis F nebst den Ziffern 0 bis 9 anzuzeigen. Aber auch wenn Sie sich nicht gerade mit der Ansteuerung von LCDs beschäftigen, sprechen Sie doch sicher hexadezimal. Und wenn das so ist, dann können Sie sich ja vom Hexadoku dieses Monats herausfordern lassen und mit ihrer Lösung an der Verlosung von insgesamt zehn PSoC 5 FirstTouch™ Starter Kits (CY8CKIT-014) von Cypress im Wert von je 45 Euro teilnehmen. Viel Spaß damit!

Das neue Kit ermöglicht Entwicklern erste Einblicke in die neue PSoC5-Architektur. Außerdem ergibt sich die Gelegenheit, mit dem PSoC Creator eine neue, schnelle Entwicklungsumgebung von Cypress kennen zu lernen, die eine grafische Konfiguration und Codeeingabe mit vordefinierten und ausführlich getesteten Komponenten kombiniert.

Das Kit enthält schon vorgeladene Beispiel-Projekte, welche die Möglichkeiten der auf dem Board vorhandenen Sensoren (Accelerometer, Thermistor, Näherungssensor und CapSense) aufzeigen.

Das Kit unterstützt die Projekt-Entwicklung mit 28 Vielzweck-I/O-Pins, einem 12-poligen Steckplatz für ein Funkmodul und SWD (Serial Wire Debugging).

Das Hexadoku wird von Elektor konzipiert und nun schon seit fünf Jahren regelmäßig veröffentlicht. Abertausende Elektor-Leser auf der ganzen Welt haben schon ihre Lösungen eingeschickt. Nun sind Sie dran, das Rätsel finden Sie hinten im Heft!



mente angesteuert werden (das LCD hat allerdings nur 28 Segmente).

Enable Ganging Commons:

Diese Option ist bei besonders großen Segmenten oder bei einer Kapazität der gemeinsamen Leitungen von über 5 nF sinnvoll. In unserem Beispiel bleibt sie deaktiviert.

Bias type:

Dieser Parameter kann nur angezeigt werden. Er wird automatisch und abhängig von der Anzahl gemeinsamer Leitungen gesetzt. Waveform type: Dieser Wert beeinflusst die Stromaufnahme. In unserem Beispiel passen die Standardeinstellungen.

Frame rate:

Dieser Parameter legt fest, wie oft ein Segment pro Sekunde aufgefrischt wird. In unserem Beispiel sind 50 Hz eingestellt. Die Bildwiederholrate gilt für alle Segmente des LCDs.

Bias voltage:

Dieser Parameter beeinflusst den Kontrast. In dieser Anwendung sind „3.30“ (V) richtig.

Die Parameter für „Driver Power Settings“ sind in **Bild 2** aufgeführt:

Driver Power Mode:

Hier gibt es zwei Alternativen. „Always Active“ benötigt mehr Strom als „Low Power“. Diese Alternativen haben noch folgende Optionen:

- **Always Active:** Der LCD-Treiber ist für die hier spezifizierte Zeit im Modus „Hi Drive“. Die Standardeinstellung folgt aus den Werten der Parameter „Frame rate“, „Number of common lines“ und „Waveform type“. Die restliche Zeit einer Refresh-Periode ist der LCD-Treiber im Modus „Low Drive“.
- **Low Power:** Hier kann man die Zeiten für „Hi Drive“ und „Low Drive“ einstellen. Zu Beginn der Refresh-Periode ist der

Modus „Hi Drive“ aktiv. Nach der hierfür eingestellten Zeit wird auf „Low Drive“ umgeschaltet. Ist die hierfür eingestellte Zeit abgelaufen, werden für den Rest der Refresh-Periode alle Steuerleitungen für das LCD in den Tristate-Modus versetzt und der LCD-Treiber abgeschaltet. Gegenüber dem Modus „Always Active“ ergeben sich für Batteriebetrieb wichtige Energieeinsparungen.

Für unser Beispiel genügt der Modus „Always Active“ mit einer „Hi drive time“ von „989.6“ (µs). Die letzten beiden Einstellungen betreffen den Modus „Low Power“ und bleiben deaktiviert.

Die Parameter des Tabs „Display Helpers“ finden sich in **Bild 3**. In unserem Beispiel benötigt man nur einen Helfer: Zuerst selektiert man „7 Segment“ (1). Dann klickt man auf den Rechtspfeil (2), wodurch „Helper_7Segment_0“ im

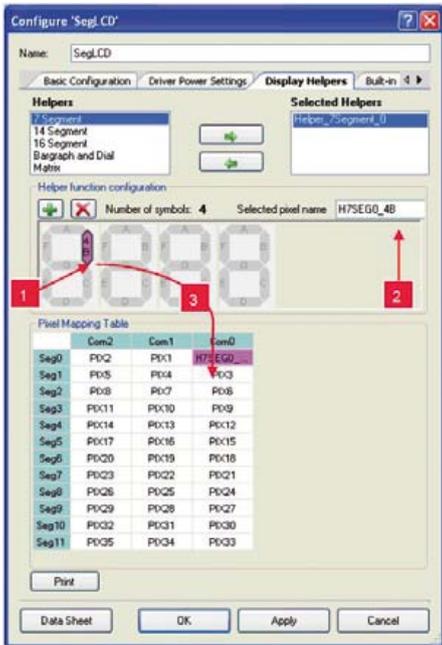


Bild 4. Hinzufügen von Digits.

ausgewählt Feld auftaucht. Ein Klick auf „Helper_7Segment_0“ (3) und das Fenster verbreitert sich wie in **Bild 4** gezeigt.

Betätigt man dort den grünen Plus-Knopf drei Mal, ergibt sich ein vierstelliges 7-Segment-Display. Die nächsten Schritte lauten: Auswahl eines Segments, dessen Umbenennung und Einfügen in die „Pixel Mapping Table“. Der Screenshot von Bild 4 zeigt, wie das gemeint ist. Wird das Segment B des vierten LCD-Zeichens (1) angeklickt, kann man seine Bezeichnung im Feld „Selected pixel name“ ändern (2). Via „drag and drop“ schiebt man das Segment in die „Pixel Mapping Table“ (3). Die Tabelle sollte zu den Angaben im LCD-Datenblatt passen.

Nachdem diese Schritte für jedes Segment wiederholt wurden, überprüft man, ob die Zuordnung der Segmente zu den gemeinsamen Leitungen in dieser Tabelle stimmt. Die Verwendung der I/O-Leitungen des PSoCs wird von einer Ressource-Datei festgelegt. Einer der großen PSoC-Vorteile besteht darin, dass jede GPIO-Leitung beliebig als gemeinsame oder als Segment-Lei-

Listing 1. Der Projekt-Code main.C.

```
for(;;)
{
    CyDelay(1000);
    SegLCD_Write7SegDigit_0(digitValue,digitPosition);
    digitValue++;

    if(digitValue > 0x10)
    {
        digitValue=0;
        digitPosition++;
        SegLCD_ClearDisplay();

        if (digitPosition==4)
            digitposition=0;
    }
}
```

tung konfiguriert werden kann. Dadurch wird das Layuten einer Platine sehr viel einfacher. Man kann die Pin-Belegung eines PSoC-Chips einfach via „drag and drop“ ändern.

Etwas Code

Die Komponente für LCD-Segmente wird von anwenderfreundlichen APIs (Application Programming Interfaces) unterstützt. Dies macht die Ansteuerung eines LCDs sehr einfach. Das Datenblatt zu dieser Komponente führt eine ganze Liste an APIs auf, mit denen man Text und Ziffern über einfache Funktionsaufrufe ausgeben kann. Diese werden im Tab „Display Helpers“ aktiviert. **Listing 1** zeigt, wie bemerkenswert einfach der Code für unser Beispiel gestrickt ist.

Nachdem der Code steht, kann man einen „Build“ durchführen und das Ergebnis testen. Maschinen-Code kann sowohl für den Chip PSoC 3 als auch PSoC 5 generiert werden. Nachdem der Chip ausgewählt ist, erfolgt der „Build“. Anschließend programmiert man den Chip mittels der Software PSoC Creator

und einem passenden Programmer. Nach der Programmierung genügt ein Reset und man kann das Verhalten des Chips beobachten. Bei Problemen hilft der in PSoC Creator eingebaute Debugger.

Das war schon alles. Auf dem nun vorliegenden vierstelligen 7-Segment-Display kann man beliebigen Text oder Zahlen mit Hilfe einfacher, vordefinierter API-Aufrufe ausgeben.

(100854)

Weblinks

- www.cypress.com/go/psoc3
- www.cypress.com/go/psoc5
- www.cypress.com/go/psoccreator
- www.cypress.com/go/cy8ckit-029

JOIN THE FUN!

Visual TFT software

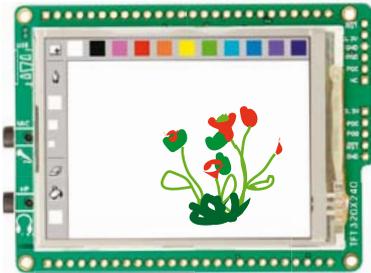
Diese Software ist eine kleine Revolution im Bereich des GUI-Designs für TFT-Displays. Sie können sich **ganz aufs Design konzentrieren**, die Software erstellt den Code für Sie!

MULTIMEDIA-BOARDS

Eine neue Reihe Multimedia-Boards **vervielfältigt ihre Kreativität**. Verwirklichen Sie coole Applikationen, von denen Sie bisher nur geträumt haben! Die Boards sind mit einer Vielzahl von Funktionen ausgestattet. Sie werden von der **Visual TFT Software unterstützt**, so dass ein **GUI-Design schon fast zum Kinderspiel wird**.



**mikroMMB
for PIC18F!**



**mikroMMB
for PIC24**

price:
\$99

COMPILERS

Die **Visual TFT Software** und die **Multimedia-Boards** werden von den mikroElektronika Compilern bestens unterstützt: **mikroC**, **mikroBasic** und **mikroPascal**. Mit der intuitiv bedienbaren und schnellen Entwicklungsumgebung, den mächtigen Compilern und vielen Tools macht das Programmieren noch mehr Spaß!

Und schnell geht es auch: **Viele Bibliotheken und Beispiele**, eine umfangreiche Dokumentation und **der kostenlose Support** unterstützen Sie dabei!



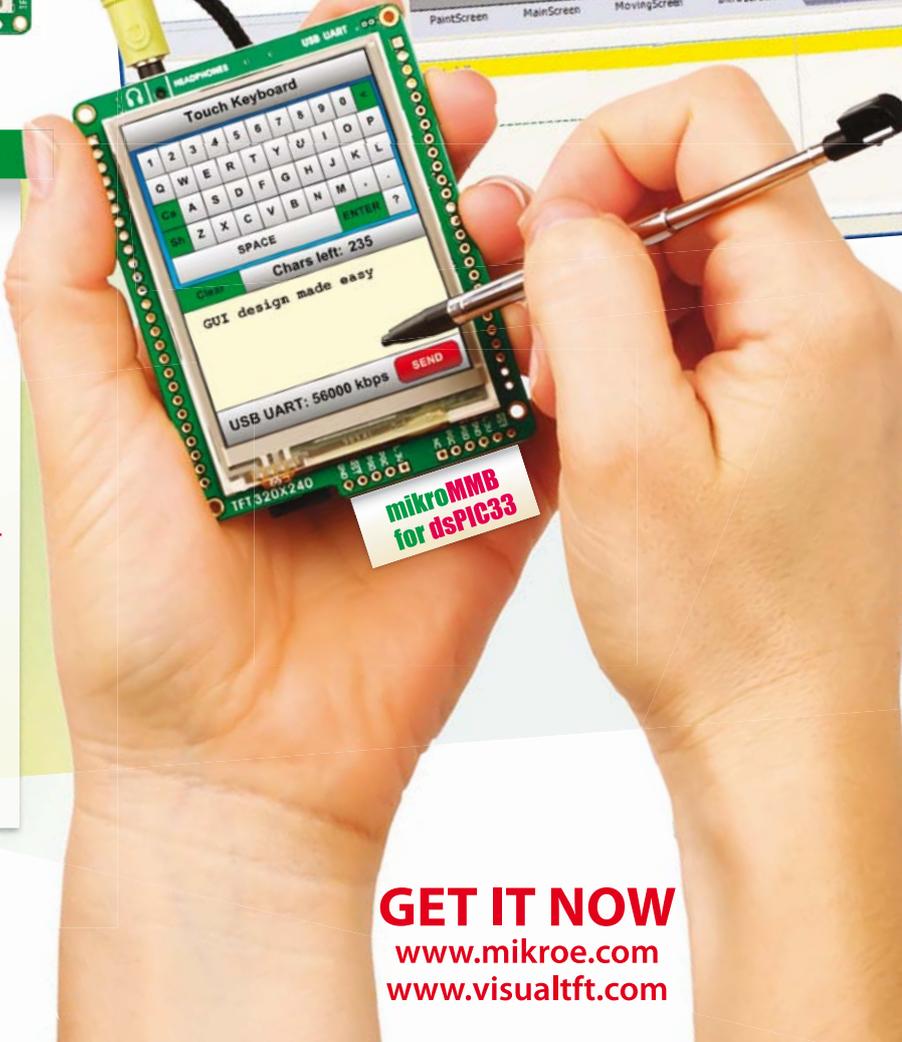
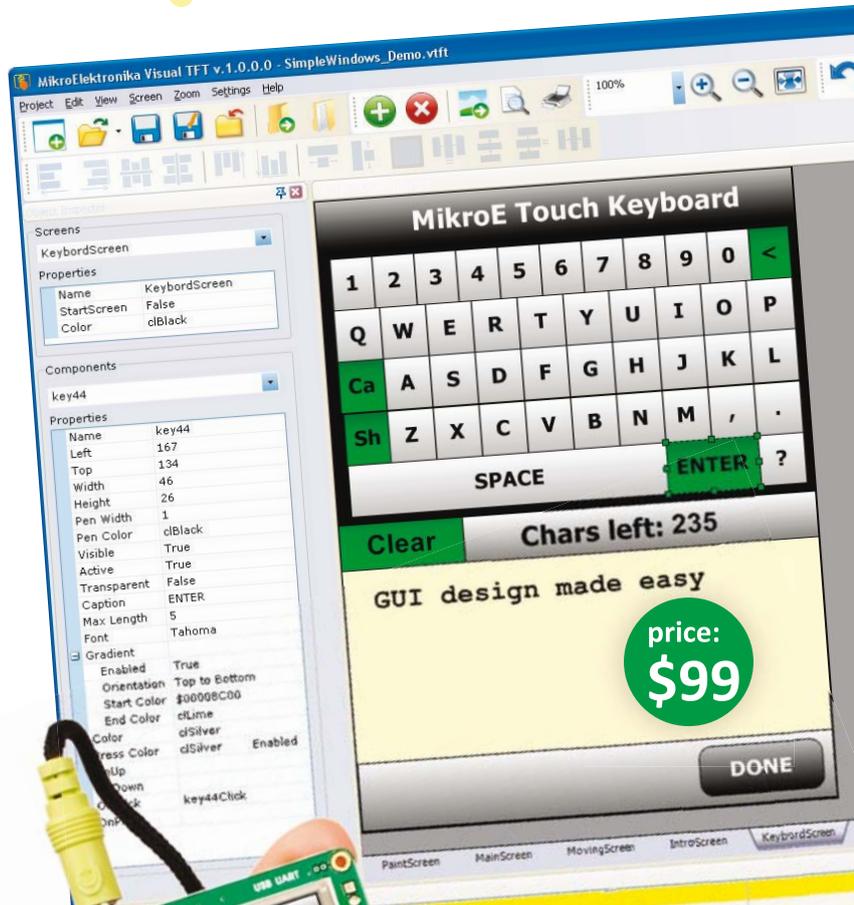
\$199



\$149



\$149



PSoC-Entwicklungskits

Cypress bietet eine lange Reihe Entwicklungsboards und Zubehör für die PSoC-Chipfamilie an, dazu kommen Kits und Tools von Drittanbietern. Wir stellen einige Highlights vor und beschreiben die Eigenschaften in Kurzform.

Von Harry Baggen (Redaktion NL)

Die PSoC-Familie (*Programmable System on Chip*) von Cypress folgt einem universellen Konzept. Die analogen und digitalen peripheren Funktionsblöcke sind im Baustein zusammen mit einem Prozessor-Kern untergebracht. Anders als viele andere SoCs, die auf spezielle Anwendungsbereiche zugeschnitten sind (beispielsweise Multimedia), haben die PSoCs von Cypress Allround-Fähigkeiten. Grenzen werden nur durch die Anzahl und Leistung der analogen und digitalen Funktionsblöcke gesetzt. In einer übersichtlichen grafischen Programmierumgebung, *PSoC Creator* genannt, kann der Entwickler ähnlich einem Baukastensystem schnell die gewünschte Funktionalität zusammenstellen. Cypress hat drei PSoC-Familien im Programm, das wichtigste Unterscheidungsmerkmal sind die Prozessorkerne. Die Familie PSoC1 arbeitet mit einem M8C-Kern, der 4 MIPS leistet. In den Vertretern der PSoC3-Familie steckt ein 8051-Kern mit 33 MIPS. Die

PSoC5-Familie erreicht mit ihrem ARM-Kern stolze 100 MIPS. Aus dem vielfältigen Angebot von Cypress haben wir einige Kits ausgewählt, von denen wir meinen, dass sie auch für den Einstieg in die Welt der PSoCs (aber nicht nur!) eine besondere Empfehlung wert sind.

Starter-Kits

Die erste Bekanntschaft mit der Welt der PSoCs ist schnell geschlossen, wenn das **PSoC3 FirstTouch Starter Kit** oder das **PSoC5 FirstTouch Starter Kit** (CY8CKIT-003 [1], CY8CKIT-014 [2]) im Spiel ist. Trotz der günstigen Preise (etwa 50 US-\$) sind die Boards mit diversen Sensoren und Indikatoren ausgestattet, so dass viele Anwendungsbeispiele sofort realisiert werden können. Zum Inventar gehören ein Näherungssensor, ein Thermistor, ein Beschleunigungssensor, diverse Berührflächen eines CapSense-Sliders sowie acht LEDs und natürlich ein Bündel I/O-Leitungen. Die Boards unterscheiden sich lediglich im Typ des dar-

auf montierten PSoCs. In den Kits sind ein USB-Kabel und eine 9-V-Batterie enthalten, eine CD mit der Software *PSoC Creator* und *PSoC Programmer*, ergänzt durch diverse Beispiele, liegt ebenfalls bei. Ein separater Programmer wird nicht benötigt.

Allround-Kit

Ein Entwicklungssystem für alle PSoC-Familien ist das **PSoC Development Kit**, Typenbezeichnung CY8CKIT-001 [3], das rund 250 US-\$ kostet. Für diesen Preis erhält der Kunde ein Produkt, das erwartungsgemäß deutlich mehr als die Starter-Kits bietet. Zum Lieferumfang gehören drei Control-



ler-Module, die mit Controllern der Typfamilien CY8C28, CY8C38 und CY8C55 bestückt sind. Weitere Controller-Module können gegen Aufpreis erworben werden. Da der Programmer und Debugger *MiniProg3* enthalten ist, kann auch dieses Kit ein gutes PreisLeistungsverhältnis vorweisen. Auf der Platine befinden sich ein LC-Display (2 · 16 Zeichen), eine RS232- und eine USB-Schnittstelle, ein Breadboard-Bereich, ein Potentiometer, diverse Drucktaster und LEDs sowie eine CapSense-Einheit. Sämtliche I/O-Leitungen sind über vier Steckverbinder zugänglich. Für dieses Kit bietet Cypress ebenfalls zahlreiche Erweiterungen an.



iPod und iPhone

Im Katalog der Entwicklungstools von Cypress stehen auch diverse Kits und Erweiterungen für spezielle Anwendungen, zum Beispiel in der Messtechnik oder Display-Steuerung. Aufgefallen ist uns das **PSoC Expansion Board Kit For iPhone & iPod Accessories** (CY8CKIT-023 [4]), das zusammen mit dem zuvor erwähnten Allround-Kit (CY8CKIT-001 [3]) einsatzfähig ist. Dieses Gespann macht es leicht, Applikationen für iPods oder iPhones zu entwickeln, in denen PSoCs eingebunden sind. Eine von Cypress



fang gehört eine Display-Platine, die mit der Hauptplatine verbunden werden kann. Das Kit wird zum Preis von 225 US-\$ angeboten.

Ein anderer Zweitanbieter ist Sparkfun, sein einfaches und gleichzeitig kostengünstiges Board hat den Namen **Gainer** [7]. Dieses Kit wurde von Shigeru Kobayashi und einem Team des Projekts „Gainer.cc“ [8] entwickelt. Das Board arbeitet mit dem PSoC-Typ CY8C29466, so dass es für A/D- und D/A-Wandler-Anwendungen bestens vorbereitet ist. Wegen der USB-Schnittstelle



ist reichhaltig, LEDs, Drucktaster, Potis und DIP-Schalter gehören selbstverständlich zur Ausstattung. Ferner sind eine SD-Speicherkartenfassung, eine Echtzeituhr und die Programmier-Hardware auf dem Board integriert. Das Board bietet Platz für ein alphanumerisches und ein grafisches LC-Display, gegebenenfalls mit Touch-Panel. Die Programmier-Software *PSoCprog2* hat MikroElektronika im eigenen Haus entwickelt. Zum Paket gehören diverse elementare Anwendungsbeispiele. Steuerungen einer LED und eines Schrittmotors sind ebenso vertreten wie A/D-Wandler-Applikationen. Den PSoC-Programmer des Entwicklungssystems liefert MikroElektronika auch separat im eigenen Gehäuse, er kostet 89 US-\$.



und des bereits vorhandenen Bootladers gestaltet sich das Programmieren völlig unkompliziert. Zur Verfügung stehen mehrere Programmiersprachen, darunter Flash, Max/MSP und Processing. Gainer kostet nur 35 US-\$.

Unser kurzer Rundblick hat gezeigt, dass PSoC-Entwicklungskits schon recht preisgünstig angeboten werden. Sie bieten eine gute Gelegenheit, sich mit der Welt der PSoCs vertraut zu machen.

(100856)gd

entwickelte „App“ und ein zugehöriges Projektbeispiel sind die Tools, über die der Entwickler mit der an das iPod oder iPhone angeschlossenen Hardware kommunizieren kann. Leider sind diese Werkzeuge nicht für jeden Interessenten zugänglich, nur Lizenzinhaber des MFi-Programms von Apple haben dieses Privileg.

Alternativen

Für Entwicklungen mit den PSoCs von Cypress sind auch Boards und Tools aus alternativen Quellen verfügbar. MikroElektronika hat ein umfangreiches Entwicklungssystem herausgebracht, das **EasyPSoC4 Development System** [5] heißt, 129 US-\$ kostet und zahllose Möglichkeiten bietet. Der PSoC CY8C27643 befindet sich auf einer wechselbaren MCU-Platine, so dass auch andere PSoC-Typen zum Einsatz kommen können. Die Auswahl an Schnittstellen

Avnet hat das Entwicklungssystem **Spartan-6 LX16 Evaluation Kit** (AES-S6EV-LX16-G) [6] herausgebracht, das aus Subsystemen mehrerer Hersteller besteht. Auf dem Board befindet sich ein Spartan6-FPGA von Xilinx, er arbeitet mit einem PSoC3 von Cypress zusammen. Das Stromversorgungsmanagement stammt von Texas Instruments. Außer dem FPGA und dem PSoC sind 64 MB SDRAM, 16 MB I/O-Flash-Speicher, ein Ethernet-PHY, eine JTAG-Schnittstelle, vier CapSense-Taster, vier LEDs, ein USB-UART und ein Li-Ion-Akku zur Versorgung des gesamten Board vorhanden. Zum Lieferum-



Weblinks

- [1] www.cypress.com/?rID=38235
- [2] www.cypress.com/?rID=43674
- [3] www.cypress.com/?rID=37464
- [4] www.cypress.com/?rID=40218
- [5] www.easypsoc.com
- [6] <https://avnetexpress.avnet.com>
(Suchbegriff: AES-S6EV-LX16-G)
- [7] www.sparkfun.com/products/8480
- [8] <http://gainer.cc>

SATFINDER

Antennenausrichtung mit GPS

Von Klaus Hirschelmann (D)



Wer regelmäßig eine Satellitenschüssel neu ausrichten muss (zum Beispiel, wenn ein Camper oder ein Boot damit ausgestattet ist), steht immer vor dem Problem, die jeweilige Satellitenposition zu ermitteln. Der GPS-basierte SATFINDER verfügt über eine Datenbank mit den beliebtesten TV-Satelliten und berechnet mit Hilfe der GPS-Standortdaten alles, was man zum Ausrichten der Antenne auf den Satelliten braucht.

Für das Ausrichten einer Satellitenempfangs-Antenne benötigt man lediglich zwei Winkelwerte: Einen für die Richtung (Azimut genannt) und einen für die Höhe (Elevation). Im SATFINDER berechnet ein ATmega8-Mikrocontroller diese Werte aus den Positionsdaten, die er von einem GPS-Empfängermodul erhält.

Stand-alone-Lösung

Im Internet findet man so genannte Azimut- und Elevationsrechner. Dort gibt man den Standort in Form von (GPS-)Koordinaten, Ortsnamen oder Postleitzahl ein, wählt den zu empfangenden Satelliten aus einer Liste aus und erhält dann die genauen Winkelangaben zur Einstellung der Antenne. Die Überlegung war nun, ein solches Tool als kleine und einfache Stand-alone-Lösung mit einem handelsüblichen AVR-Mikrocontroller und einem ebenso üblichen 2x16-Zeichen-LC-Display zu realisieren. Das Pro-

gramm sollte in BASCOM-AVR erstellt werden, wobei sich zuerst allerdings als Hindernis herausstellte, dass dieser BASIC-Compiler immer nur eine einzelne mathematische Berechnung pro Befehlszeile erlaubt. Zur Ermittlung der Winkelwerte sind aber doch relativ komplexe Berechnungen erforderlich. Letztlich konnte diese Hürde aber genommen und das SATFINDER-Projekt realisiert werden.

Schaltung

Das Projekt besteht im Wesentlichen aus einem GPS-Empfängermodul und einem ATmega8-AVR-Mikrocontroller mit angeschlossenen LC-Display. Als GPS-Einheit eignen sich vorzugsweise die inzwischen sehr preiswert erhältlichen Module mit integrierter Antenne und serieller NMEA-Datenschnittstelle. Für den Musteraufbau hat der Autor den Navilock-Baustein NL-507TTL [1] verwendet, wobei es eine große Auswahl

an geeigneten Empfängern gibt. Nicht in Frage kommen jedoch Ausführungen, die nur über eine USB-Schnittstelle verfügen. Schaltung (Bild 1) und Software wurden so ausgelegt, dass serielle Signale sowohl mit TTL- als auch mit RS232-Pegel verarbeitet werden können, wobei man die Wahl zwischen den Datenraten 4800 bps und 9600 bps hat.

Unabhängig davon, ob das Signal vom RS232- oder TTL-Eingang kommt, erwartet der Controller an seinem seriellen Eingang Daten im NMEA-Protokoll des Typs „RMC“, wie sie nahezu alle GPS-Empfänger bereits standardmäßig zur Verfügung stellen. Mit S2 am Port-Eingang PD5 kann man zwischen der Anzeige von Satelliten-Winkeldaten und den aktuellen GPS-Positionsdaten wählen. Jumper JP1 legt die Datenrate fest: Ohne Jumper sind es 4800 bps, mit Jumper (PD6 an Masse) hingegen 9600 bps. Die Taster S3 und S4 an PD2 beziehungs-

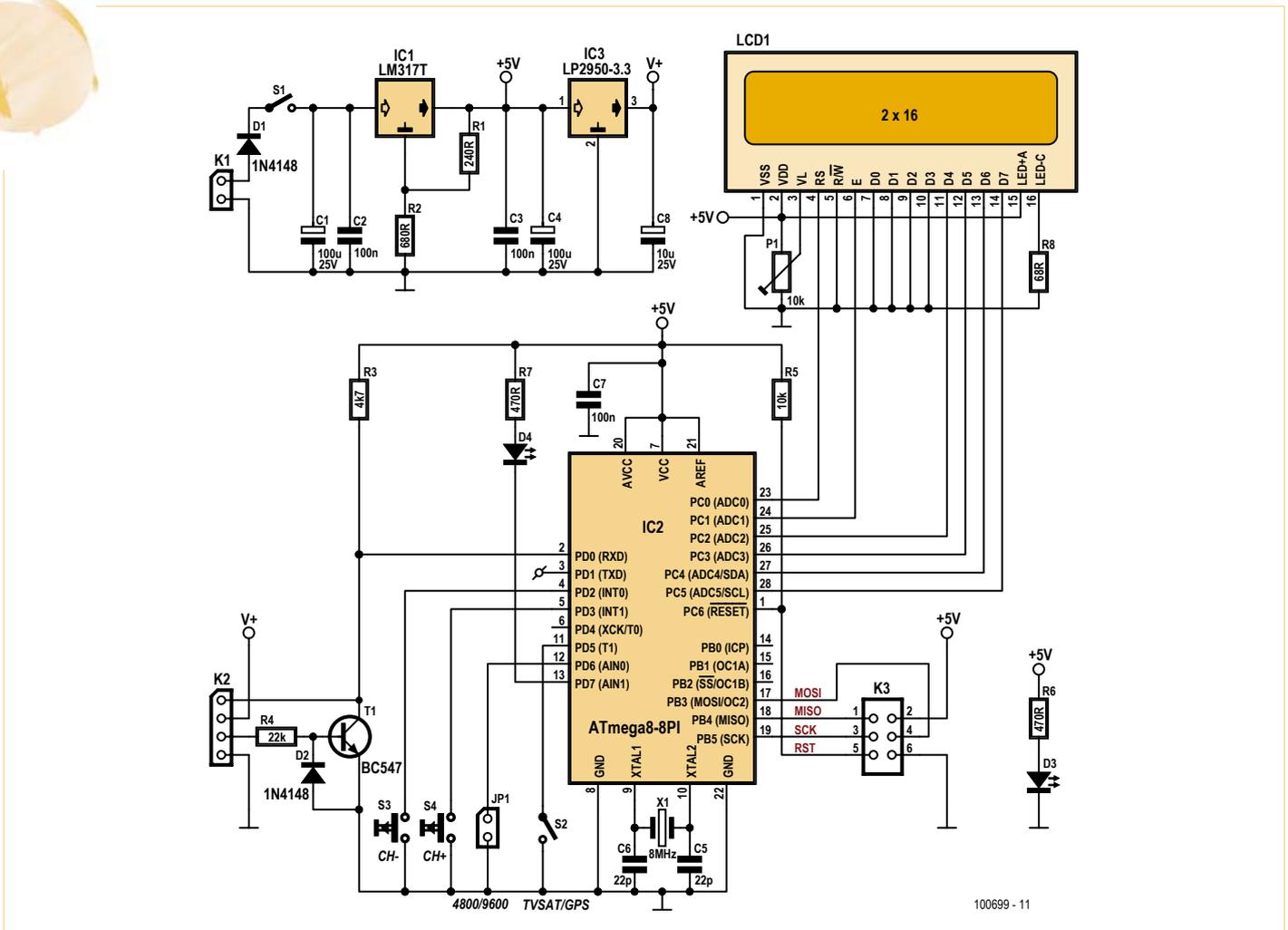


Bild 1. Die Schaltung des SATFINDERS besteht im Wesentlichen aus Stromversorgung, Mikrocontroller und LC-Display. An K2 wird ein GPS-Empfängermodul angeschlossen.

weise PD3 ermöglichen in Verbindung mit der Displayanzeige die Auswahl des zu emp-

fangenden TV-Satelliten aus einer Tabelle. Die LED (D4) an PD7 blinkt, wenn der GPS-

Empfänger ein auswertbares Signal liefert. Eine weitere LED (D3) dient der Kontrolle

Eigenschaften

- Positionsabhängige Berechnung und Anzeige von Azimut- und Elevationswinkeln für 33 voreingestellte TV-Satelliten
- Anzeige der GPS-Positionsdaten (geografische Länge und Breite)
- Eingang für NMEA (RMC)
- Eingangsdatenrate wahlweise 4800 oder

- 9600 bps
- Eingangspegel wahlweise RS232 oder TTL
- Programmierung in BASCOM-AVR
- Änderung von Satellitendaten im Quellcode möglich
- Quellcode und Hexcode als kostenloser Download verfügbar
- Programmierung über ISP-Schnittstelle
- Serielle Datenausgabe an Testpin

- (TTL-Pegel, Datenrate gleich Eingangsdatenrate)
- Betrieb am 12-V-Bordnetz (Betriebsspannung 8 bis 15 V)
- Versorgung des GPS-Empfängers mit 3,3 V oder 5 V
- Stromaufnahme ohne GPS-Empfänger und Hintergrundbeleuchtung LCD ca. 30 mA bei 12 V

Elektor-Produkte & Service

- Bauteilsatz inklusive programmiertem Controller und Platine: Best.-Nr. 100699-41
- Programmierter ATMEGA8A-PU: Best.-Nr. 100087-41

- Platine ohne Bauteile: Bestellung unter www.elektor.com/100699
- Software (Sourcecode und Hexfile): Download 100699-11.zip
- Infos und Downloads unter www.elektor.com/100699

Stückliste

Widerstände:

- R1 = 220 Ω
- R2 = 680 Ω
- R3 = 4k7
- R4 = 22 k
- R5 = 10 k
- R6,R7 = 470 Ω
- R8 = 68 Ω
- P1 = 10-k-Trimpotentiometer (liegend)

Kondensatoren:

- C1,C4 = 100 μ/25 V radial
- C2,C3,C7 = 100 n
- C5,C6 = 22 p
- C8 = 10 μ/25 V radial

Halbleiter:

- D1,D2 = 1N4148
- D3,D4 = 3-mm-LED (low current)
- T1 = BC547B
- IC1 = LM317T
- IC2 = ATMEGA8A-PU (programmiert: 100699-41, siehe [2])
- IC3 = LM2950 3V3

Außerdem:

- JP1 = 2-polige Stiftleiste, 2,54 mm Rastermaß, mit Jumper
- K1 = 2-polige Stiftleiste, 2,54 mm Rastermaß
- K2 = 3-polige Stiftleiste, 2,54 mm Rastermaß
- K3 = 2x3-polige Stiftleiste, 2,54 mm Rastermaß
- S1,S2 = 1-poliger Schalter

- S3,S4 = 1-poliger Taster, Schließer (z.B. Multi-comp MC32830)
- X1 = 8-MHz-Quarz, z.B. Vishay Dale XT495-208M
- LCD1 = 2x16-Zeichen-LCD-Modul, z.B. Lumex S01602 D/A
- Platine (100699-1, siehe [2])

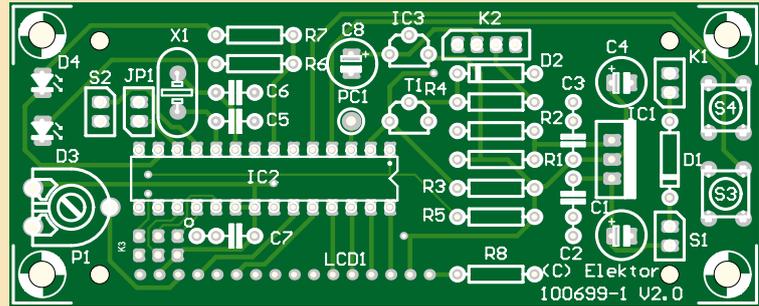


Bild 2. Die doppelseitige Platine kommt ohne SMDs aus.

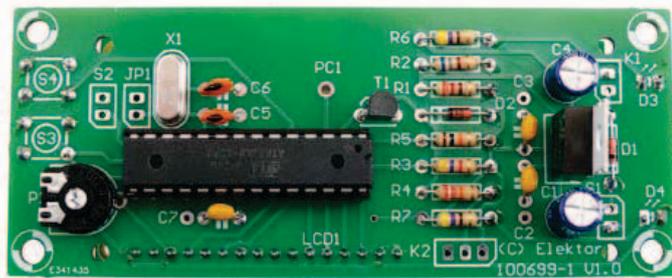


Bild 3. Die bestückte Elektor-Musterplatine.

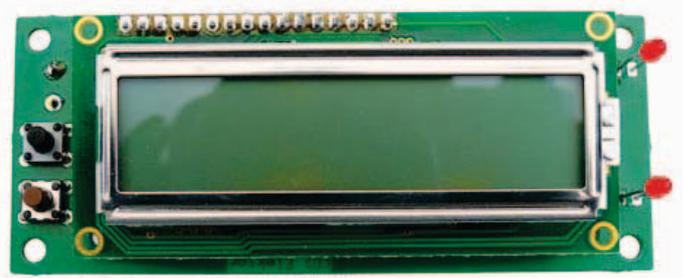


Bild 4. Auf der Unterseite der Platine befinden sich zwei LEDs, zwei Taster und das Display.

der 5-V-Betriebsspannung.

An K3 hat man die Möglichkeit, einen AVR-Programmer über eine 6-polige ISP-Buchse anzuschließen.

Für Testzwecke stehen die wichtigsten Navigations- und Winkeldaten auch noch einmal am Prozessorausgang PD1 (TxD) zur Verfügung. Für den Normalbetrieb des SATFINDERS werden diese jedoch nicht benötigt. Die Beschaltung des LC-Displays besteht wie üblich aus einem Trimpoti (P1) zur Kontrasteinstellung und einem Vorwiderstand, der den LED-Strom und damit die Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung festlegt.

Die Stromversorgung der Schaltung ist für den Betrieb am 12-V-Bordnetz eines Fahrzeugs oder Bootes ausgelegt, die Eingangsspannung an K1 kann zwischen 8 und 15 V liegen.

Der ATmega8 arbeitet mit 8 MHz Taktfrequenz und erlaubt dabei Versorgungs-

spannungen zwischen 2,7 und 5,5 V. Das benutzte LC-Display muss passend dazu gewählt werden. Da Displays mit 5 V Betriebsspannung verbreiteter sind, wurde



Bild 5. Das für das Labormuster verwendete GPS-Empfängermodul von Trimble.

die Schaltung für 5 V ausgelegt, die der Spannungsregler IC1 (LM317T) mit der angegebenen Dimensionierung von R1 und R2 liefert. Erfahrene Elektroniker sollten aber kein Problem mit einer Modifikation auf 3 V haben, falls ein LC-Display mit 3 V Betriebsspannung verwendet werden soll. Die Stromversorgung eines angeschlossenen GPS-Empfängers kann über Pin2 von K2 erfolgen. Der Spannungsregler IC3 (LP2950) stellt hierfür 3,3 V zur Verfügung. Sollte der Empfänger 5 V benötigen, so wird der LP2950 durch eine Drahtbrücke ersetzt, um die 5 V von C4 nach C8 durchzureichen.

Aufbau

Für den Aufbau der Schaltung wurde die in Bild 2 gezeigte doppelseitige Platine entwickelt. Die Bestückung ist eine der leichtesten (Übungen), da es weder SMDs noch andere Besonderheiten gibt. Lediglich die

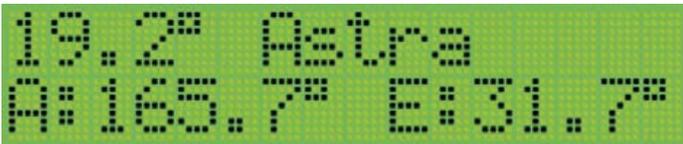


Bild 6. Sobald der GPS-Empfänger Positionsdaten liefert, zeigt das Display die Azimut- und Elevations-Winkelwerte für den ausgewählten TV-Satelliten.

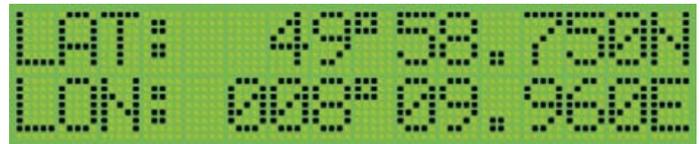


Bild 7. Das Display zeigt die GPS-Positionsdaten, wenn Schalter S2 geschlossen ist.

beiden Taster S3 und S4 sowie die LEDs D3 und D4 und das LC-Display werden auf der Platinenunterseite bestückt. Letzteres wird wie üblich mittels Stift- und Buchsenleiste angeschlossen und mit M3-Schrauben und Abstandsrollchen im passenden Abstand von der Platine montiert.

Bild 3 zeigt die Bestückungsseite der Elektor-Musterplatine und **Bild 4** die Platinenunterseite mit dem aufgesteckten LC-Display. Das verwendete GPS-Empfängermodul ist in **Bild 5** zu sehen.

Funktion

Vor der Inbetriebnahme muss man noch die Eingangsdatenrate des Mikrocontrollers festlegen. Zur Verarbeitung von 4800-bps-Signalen bleibt der Port-Eingang PD6 unbeschaltet, für 9600 bps ist er mittels Jumper JP1 an Masse zu legen. Als nächstes ist der GPS-Empfänger an K2 anzuschließen: Betriebsspannung an Pin 2, Masse an Pin 4. Während serielle GPS-Datensignale mit RS232-Pegel über Pin 3 zuzuführen sind,

dient Pin 1 als Eingangspin für TTL-Signale. In diesem Fall entfallen die Bauteile T1, D2, R3 und R4. Doch Vorsicht: Werden an Pin 1 irrtümlicherweise Signale mit RS232-Pegel zugeführt, so kann das den Mikrocontroller IC2 unter Umständen beschädigen.

Nach Anschluss der 12-V-Versorgungsspannung an K1 ist der SATFINDER jetzt betriebsbereit. Voraussetzung für eine erfolgreiche Inbetriebnahme ist natürlich auch, dass die Antenne des Empfängers eine möglichst freie Sicht auf die GPS-Satelliten am Himmel hat.

Nach dem Einschalten des SATFINDERS mit S1 erscheint auf seinem Display ein kurzer Copyright- und Versionshinweis. Ist nichts zu sehen, liegt es möglicherweise an der Kontrasteinstellung (P1). Da es eine vom verwendeten GPS-Empfängertyp abhängende Zeitspanne dauert, bis eine ausreichende Anzahl von Satelliten empfangen und synchronisiert wird, erscheint vorerst nur die Meldung „WAITING FOR VALID GPS DATA“. Erst wenn danach eine Positions-

bestimmung, ein so genannter „GPS-FIX“ erreicht wurde, wechselt die Anzeige. In der oberen Displayzeile erscheinen daraufhin die Position und der Name des aktuell gewählten TV-Satelliten, während in der zweiten Zeile die zugehörigen, auf den aktuellen Standort bezogenen Azimut- und Elevationswinkelwerte abzulesen sind (siehe **Bild 6**). Im Programm sind die in der **Tabelle** aufgeführten Positionsdaten und Kurznamen der wichtigsten für Europa sendenden TV-Satelliten mit Orbitpositionen zwischen etwa 50° Ost bis 50° West fest abgelegt. Sie lassen sich durch Betätigung der Plus-/Minus-Tasten (S3/S4) anwählen. Ein mit ihrer Hilfe vorgenommener Satellitenwechsel wird aus Gründen der besseren Entprellung erst mit dem jeweils folgenden Einlesetakt übernommen. Die Einstellung des zuletzt gewählten Satelliten geht dabei auch beim Ausschalten nicht verloren. Alternativ zu den auf die geostationären TV-Satelliten bezogenen Winkelwerten ist auch eine Anzeige der vom GPS-Empfänger

— Anzeige

PCB Spezialist für Prototypen & Kleinserien

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

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

Besuchen Sie uns auf der Embedded World 2011 – 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

Standardmäßig aufrufbare TV-Satelliten						
Express AM22	53,0° Ost	(Europe-Beam)		Sirius 4	4,8° Ost	
Intelsat 12	45,0° Ost	(Europe-Beam)		Eutelsat W1	4,0° Ost	
Turksat	42,0° Ost	(West/S1-Beam)		Thor 3/5	0,8° West	
Hellassat 2	39,0° Ost	(F1/F2 Beam)		Intelsat 1002	1,0° West	
Sesat 1	36,0° Ost	(Europe-Beam)		Amos 1/2	4,0° West	(Europe-Beam)
Eurobird 33	33,0° Ost			Atlantic Bird 3	5,0° West	
Astra 2C	31,5° Ost			Nilsat 901	7,0° West	
Turksat 1C	31,3° Ost			Atlantic Bird 2	8,0° West	
Eurobird 1	28,5° Ost			Atlantic Bird 1	12,5° West	(Europe-Beam)
Astra 2A/B/D	28,2° Ost			Telstar 1/2	15,0° West	(Europe-Beam)
Badr 4	26,0° Ost			Eutelsat W2	16,0° Ost	(Europe-Beam)
Astra 3	23,5° Ost			Intelsat 901	18,0° West	(Spot-1)
Astra	19,2° Ost			NSS 7	22,0° West	(Europe-Beam)
Hotbird	13,0° Ost			Hispasat 1C/1D	33,0° West	(Europe-Beam)
Eutelsat W1	10,0° Ost			Intelsat 3R	43,1° West	(Europe-Beam)
Eurobird 9A	9,0° Ost			Intelsat 1R	45,0° West	(Europa/Nord-Afrika)
Eutelsat W3	7,0° Ost					

ger gelieferten aktuellen Längen- und Breitengradwerte möglich (siehe **Bild 7**). Dazu wird Schalter S2 geschlossen, der den PORT-Eingang PD5 an Masse legt.

Die an Port D7 angeschlossene Leuchtdiode wird nach jeder NMEA-Protokolleinlesung und somit üblicherweise etwa im Sekundentakt kurz aufleuchten, woraus man auf das Anliegen und die korrekte Verarbeitung von Eingangsdaten schließen kann. Dabei ist allerdings zu beachten, dass diese Anzeige unabhängig von einem „GPS-FIX“ erfolgt.

Software

Im Ablauf des in BASCOM-AVR erstellten SATFINDER-Programms steht an erster Stelle die Auswertung der vom angeschlossenen GPS-Empfänger etwa im Sekundentakt ausgegebenen Positionsdaten. Diese sind in den dabei übermittelten NMEA-Pro-

tokollens des Typs „RMC“ enthalten. Nach Extrahierung der einzelnen Werte und Überprüfung auf Gültigkeit erfolgt die Auslesung der für den jeweils angewählten Satelliten in der Programmtabelle abgelegten Orbitposition. Mit Hilfe der danach vorliegenden Daten ist eine Winkelberechnung und Anzeige für Azimut und Elevation möglich, wobei die Auffrischung ebenfalls etwa im Sekundentakt erfolgt.

Die Satellitenwahl erfolgt mit Hilfe eines interruptgesteuerten Zählers unter Verwendung der beiden Taster für „Plus“ und „Minus“. Wie schon erwähnt, wird zur besseren Entprellung ein Satellitenwechsel erst mit dem nächsten Einlesetak übernommen.

Ein bereits programmierter ATmega8-Controller ist im Elektor-Shop erhältlich. Wer das Programm selbst laden kann und möchte, der findet auf der Elektor-Webseite zu die-

sem Projekt [2] einen Software-Download, der neben dem Hexcode auch den Quellcode enthält.

Modifikationen

Da der Quellcode auf der Elektor-Website kostenlos verfügbar ist, steht einer Anpassung des Programms nach eigenen Wünschen nichts im Wege. Durch Änderung der entsprechenden Datenzeilen im Quellcode lassen sich bei Bedarf auch andere Orbitbereiche (zum Beispiel Nordamerika) abdecken. Voraussetzung dafür ist allerdings eine erneute Compilierung des Programms mit BASCOM-AVR.

Weltweite Daten von Satellitenpositionen lassen sich beispielsweise unter [3] abrufen. (100699)

Der Autor

Klaus Hirschelmann (DJ700) beschäftigt sich schon seit mehreren Jahrzehnten mit der Nachrichtentechnik und Elektronik. Nach Beendigung seiner beruflichen Tätigkeiten auf diesem Sektor allerdings nur noch privat. Dabei gilt sein Interesse besonders kleinen Eigenentwicklungen auf den Gebieten der Funk- und Mikrocontrollertechnik.

Quellen/Links

- [1] www.amazon.de/Navilock-NL507TTL-u-blox-TTL-Modul/dp/B0011EAYV4
- [2] www.elektor.de/100699
- [3] http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_geostation%C3%A4ren_Satelliten
- [4] www.spaceacademy.net.au/watch/track/locgsat.htm
- [5] www.angelfire.com/trek/ismail/theory.html
- [6] Dennis Mitchell, receiving signals from space, Ham Radio Magazine, November 1984, Seite 67-69
- [7] Paul Shuch, calculating antenna bearings for geostationary satellites, Ham Radio Magazine, May 1978, Seite 67-69

- ✓ Save power
- ✓ Shrink design
- ✓ Higher performance
- ✓ faster time-to-market
- ✓ Lower development costs



Cortex-M0 a simple choice

We're changing how engineers think about design, with Cortex-M0™ solutions that let you save power, reduce cost, shrink your design, and get to market fast.

- ▶ **Lowest active power** — as low as 130µA/MHz
- ▶ **Superior Code Density** — 50% less code for most tasks
- ▶ **Higher performance** — LPC1100 runs at over 45 DMIPS
- ▶ **Smallest size** — the LPC1102 has a footprint of 5 mm²
- ▶ **Low-cost toolchain** — LPCXpresso for less than USD 30



Show us how you switched from your old 8-/16-bit habit to the new 32-bit NXP Cortex-M0 solution and we'll send you a **FREE LPCXpresso development board**.

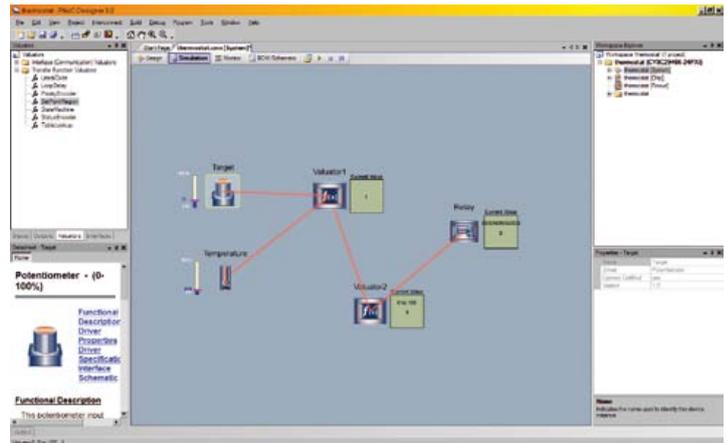
www.nxp.com/cortex-m0



PSoC Designer Elektronik-Projekte ganz einfach

Von Philippe Larcher (Frankreich)

Unser Alltag ist von Elektronik durchdrungen, und gerade dies fördert vielfältige Entwicklungen: Neue Arten der Kommunikation, intelligente Haushaltsgeräte, Gadgets und andere Dinge mehr (um nur den Consumer-Bereich zu erwähnen). Elektroniker nutzen die Technik wie selbstverständlich und wissen, wie sie ihre Ideen technisch umsetzen. Doch was machen kreative Menschen ohne dieses Know-how?



Eine Frage sowohl an professionelle Entwickler, Elektroniker und Elektromechaniker als auch an interessierte Modell- und Selbstbauer: Wie fänden Sie es, wenn Sie ein Tool zur Verfügung hätten, mit dem Sie Ihr nächstes Projekt schlicht und einfach aus einer Auswahl fertiger, grafisch symbolisierter Module zusammenklicken könnten? Dass so etwas nicht nur möglich, sondern auch noch praktikabel ist, können Sie nicht recht glauben? Dann schauen Sie sich ein-

mal das folgende Beispiel an und staunen! Angenommen, Sie benötigen einen Thermostat, um einen Lüfter bei Überschreitung einer einstellbaren Temperatur zu aktivieren. Und angenommen, Sie wären kein Elektronik-Experte und wüssten nicht, wie man analoge Signale in digitale Werte konvertiert und/oder wie man einen Mikrocontroller programmiert. Dann hätten Sie ein Problem, oder? Die Lösung: Man verwende eine Software namens **PSoC Designer5** der Firma Cypress

[1]. Dieses Tool kann kostenlos von der Cypress-Webseite heruntergeladen werden. Die Software hat zwei Betriebsarten: Der Modus „Chip-level Design“ ist für erfahrene Elektroniker gedacht - der Modus „System-level Design“ hingegen eignet sich eher für Einsteiger. Letzterer wird hier verwendet. Die Arbeit umfasst vier Schritte: Auswahl von Ein- und Ausgangsfunktionen, Definition der Transfer-Funktionen, Simulation und schließlich Erzeugung einer Applikation.

1. Auswahl von Ein- und Ausgangsfunktionen

PSoC Designer verfügt über einen recht umfangreichen Katalog von Input- und Output-Funktionen, der wie in **Bild 1** gezeigt in Kategorien aufgeteilt ist. Unter den Input-Funktionen gibt es die Kategorie „Temperatur“, welche eindrucksvollerweise über 20 direkt verwendbare Sensortypen aufführt.

Unser Projekt benötigt zwei Eingangsfunktionen: einen Temperatursensor und eine Eingabemöglichkeit für die Solltemperatur. Bei jeder Komponente erleichtert eine Zusammenfassung ihrer Eigenschaften die Wahl des geeigneten Typs. Für unser Projekt genügt ein preiswerter Sensor vom Typ LM35DZ, der im Bereich 0...100 °C eine der Temperaturproportionale Spannung liefert. Zwecks Sollwerteneinstellung tut es ein Poti (Kategorie „Tactile“), dessen Ausgangsspannung in den Wertebereich 0...100 konvertiert wird.

Zur Steuerung des Lüfters suchen wir unter der Kategorie „Digital Out-

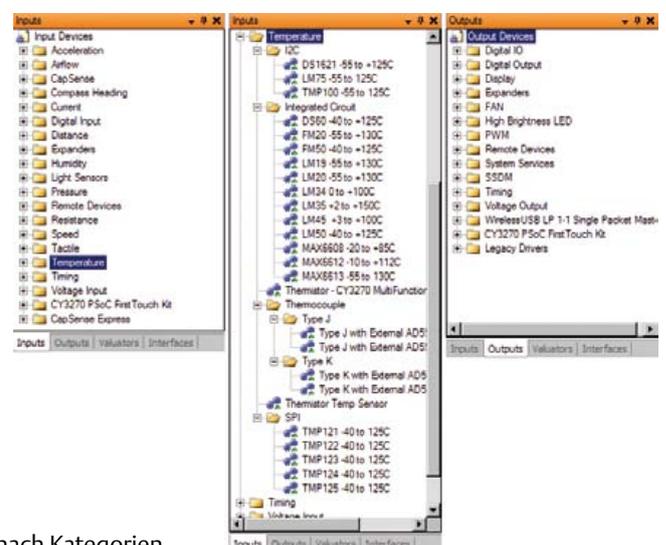
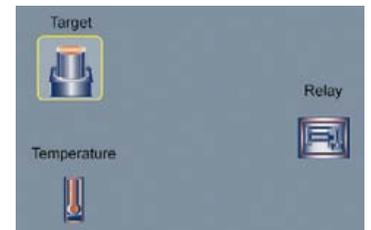


Bild 1. Liste von Ein- und Ausgangsfunktionen nach Kategorien.

put“ ein Relais mit einer Betriebsspannung von 5 V.

Diese Funktionen werden hinzugefügt, indem man das entsprechende Symbol aus der Liste in den Schaltplan zieht und dann gegebenenfalls umbenennt. **Bild 2** zeigt, wie das Projekt grafisch aussieht, nachdem die Input- und Output-Funktionen Temperatursensor, Poti und Relais hinzugefügt wurden.

Bild 2. Hinzugefügte Ein- und Ausgangsfunktionen.



2. Definition der Übertragungsfunktionen

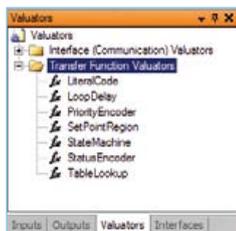


Bild 3. Transfer-Funktionen („Valuators“).

In der Terminologie von PSoC Designer wird bei Transfer-Funktionen von „Valuator“ gesprochen. **Bild 3** listet die verfügbaren Valuator auf.

Die Transfer-Funktion unseres Projekts ist ziemlich simpel: Wenn die gemessene Temperatur höher als die mit dem Poti eingestellte Solltemperatur („Target“) ist, bekommt das Relais Strom (zieht an) – andernfalls bleibt es stromlos (abgefallen). Valuator1 muss daher einfach die Differenz „Temperature - Target“ zugewiesen werden.

Hierzu wählt man einen Valuator des Typs „PriorityEncoder“, der wie in **Bild 4** konfiguriert wird. Da die Bedingung „if 1“ immer wahr ist, wird das Resultat der Berechnung „(Temperature/10) - Target“ auch immer auf den Valuator-Ausgang gelegt. Das Datenblatt des Temperatursensors besagt, dass dessen Wert um den Faktor 10 hochskaliert ist: Bei 100 °C erhält man den Wert 1000. Aus diesem Grund wird in der Berechnung der Messwert durch 10 dividiert. Wer das Ganze in °F haben möchte, muss etwas mehr rechnen.

Doch Vorsicht: Wenn der Ausgang von Valuator1 direkt das Relais steuern würde, dann müsste man mit Unstabilitäten rechnen, wenn Soll- und Messwert nahezu übereinstimmen, was bei einer solchen Regelung ja explizit erwünscht ist. Diese Art von Problem löst man üblicherweise mit einer so genannten Hysterese, sodass das Relais seltener schaltet. Um das zu erreichen, wird hinter Valuator1 einfach noch ein zweiter Valuator des Typs „SetPointRegion“ geschaltet. Damit lässt sich eine kontinuierliche Variable in Intervalle aufteilen und jedes Intervall mit einer Hysterese beaufschlagen. In unserem Fall werden die Ausgangswerte von Valuator1 in zwei Teile separiert: Das erste Intervall enthält die negativen und das zweite Intervall die positiven Werte. Der Übergang erhält eine Hysterese von ±1 (siehe **Bild 5**).

Nun muss man nur noch den Ausgang von Valuator2 mit dem Relais verbinden, und zwar mittels der integrierten Transfer-Funktion der Relais-Komponente (siehe **Bild 6**).

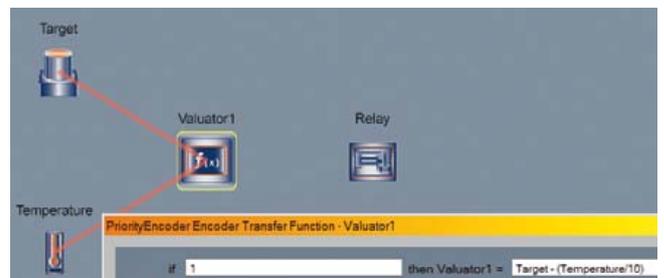


Bild 4. Konfiguration der zentralen Transfer-Funktion.

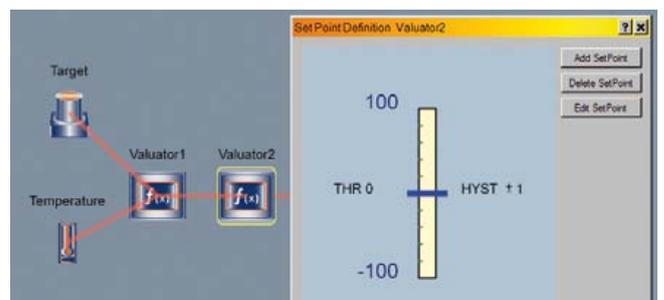


Bild 5. Die Transfer-Funktion von Valuator2.

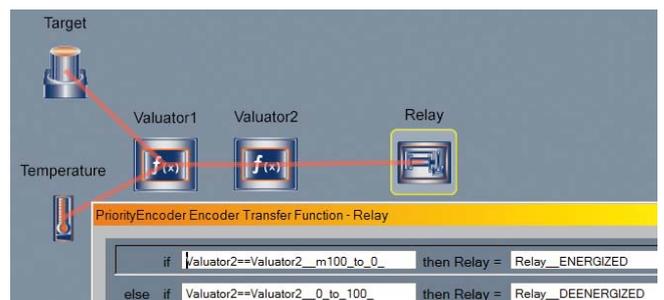


Bild 6. Die Transfer-Funktion des Relais.

3. Simulation

Wenn die Ein- und Ausgänge sowie die internen Funktionen definiert sind, wird es Zeit für eine Funktionsprüfung. Hierzu wechselt man vom Tab „Design“ zu „Simulation“. Nun erscheinen einige zusätzliche Icons in der grafischen Repräsentation des Projekts, mit denen man Eingangsparameter verändern und Ausgangswerte zusammen mit internen Werten inspizieren kann (siehe Bild 7). Auf diese Weise sieht man schnell, ob das Projekt so funktioniert, wie man sich das vorgestellt hat. Eine Simulation wird normalerweise manuell durchgeführt. Es gibt aber auch die Möglichkeit, ein zuvor konfiguriertes Test-Szenario automatisch ablaufen zu lassen.

In unserem Beispiel können die Werte für „Temperature“ und „Target“ durch einfaches Klicken auf ihre Cursor-Icons verändert werden. Interne Werte und Ausgangswerte reagieren auf jede Veränderung eines Eingangswerts. Auf diese Weise sieht man sehr genau, ob das Relais bei Überschreiten der Solltemperatur auch wirklich anzieht (und ob die eingestellte Hysterese tatsächlich korrekt funktioniert).

Man kann nach der Methode Versuch & Irrtum beliebig oft zwischen den Modi Design und Simulation hin und her wechseln, um noch vorhandene Fehler auszumerzen oder Parameter zu modifizieren.

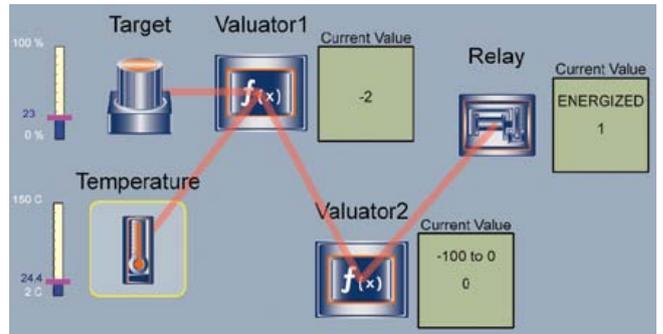


Bild 7. Grafische Simulation.

4. Erstellen einer Applikation

Der letzte Schritt im Entwicklungsprozess ist das Erstellen der Applikation, nachdem die Konstruktionsdatei des Projekts angelegt wurde. Hierzu braucht es noch Informationen. Die wichtigste ist der Typ des PSoC-Bausteins, auf dem die Applikation laufen soll. PSoC Designer kann eine Liste mit Chips anzeigen, die kompatibel zum jeweiligen Projekt sind (siehe Bild 8). Für unser Projekt eignet sich der vielfach eingesetzte Typ CY8C29466, denn er enthält viele interne Funktionen und ist auch im DIL-Gehäuse erhältlich

Nun kann das Projekt kompiliert werden, wodurch insgesamt vier Dokumente generiert werden: die Schaltung, die Komponentenliste, eine Dokumentation (Datenblatt) und die Datei mit dem Programm.

Bild 9 zeigt das von der Software generierte Schaltbild: Zu sehen ist der Mikrocontroller mit Pin-Belegung, die Anschlüsse für eine In-Circuit-Programmierung und die Ein- und Ausgänge der Schaltung.

Die Stückliste von Bild 10 listet alle benötigten Komponenten mit Spezifikationen auf. Falls gewünscht kann man sich sogar die Bauteile-Nummern in der Notierung eines ausgewählten Distributors wie zum Beispiel DigiKey anzeigen lassen.

PSoC Designer erzeugt außerdem eine Projekt-Dokumentation, die die Konfiguration aller externen und internen Funktionen zusammenfasst, und außerdem eine Datei, die den Maschinen-Code für den ausgewählten PSoC enthält.

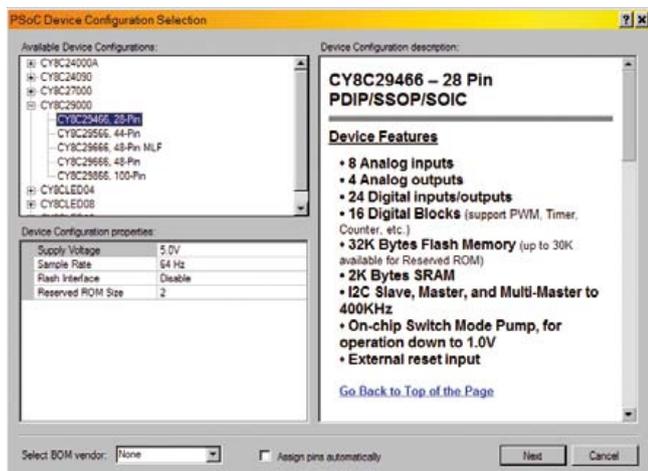


Bild 8. Chip-Selektion.

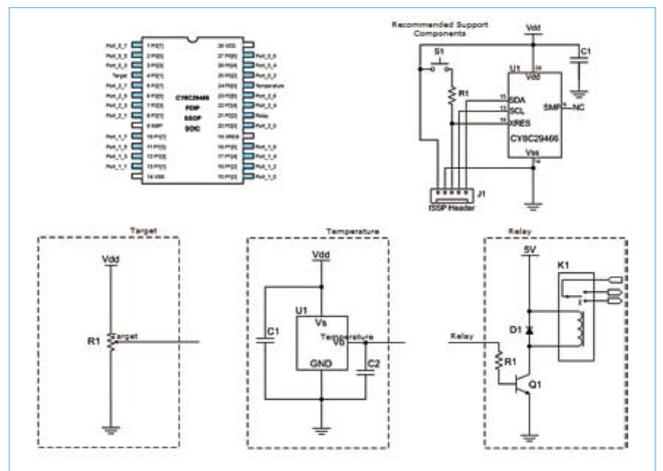


Bild 9. Das vom PSoC Designer erstellte Schaltbild.

5. Aufbau

Label	Device	Value	Notes	Power	Volts
thermostat_R1	Resistor	1k	-		
thermostat_J1	100mil	-	ISSP Connector		
thermostat_S1	Button	-	Reset Switch - Normally Open		
thermostat_C1	Capacitor	0.1uF	-		
thermostat_U1	CY6C29466	-	-		
Consigne_R1	Potentiometer	10k	-		
Relais_R1	Resistor	1kOhms	-	0.125W	
Relais_Q1	Transistor	2N2222	NPN		
Relais_D1	Diode	1N4003	-		
Relais_K1	Relay				
Temperature_U1	IC	LM35DZ	+2°C to +100°C		
Temperature_C1	Capacitor	0.1µF	-		6.3V
Temperature_C2	Capacitor	0.1µF	-		6.3V

Bild 10. Die Stückliste. Die Komponenten-Nummern beziehen sich auf die Funktionen.

Bis hierhin hat hauptsächlich die Software PSoC Designer geschuftet; nun muss man selbst aktiv werden. Es gibt (mindestens) zwei mögliche Strategien: Man kann ein existierendes Evaluations-Board verwenden und dort die wenigen noch fehlenden Bauteile nachrüsten oder aber eine eigene Platine für die Schaltung anfertigen. In der Regel testet man einen Prototypen zunächst mit einem Evaluations-Board und spendiert erst der fehlerfreien Schaltung eine Platine. In beiden Fällen

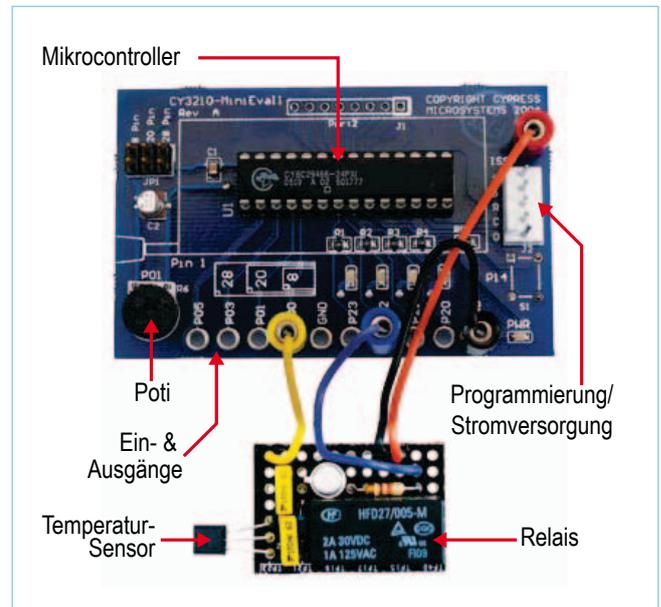


Bild 11. Aufbau mit einem CY3210-MiniEval1-Board.

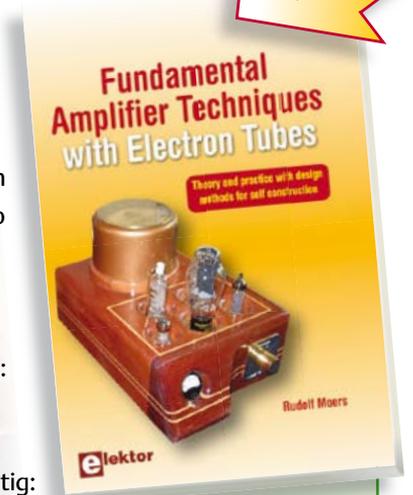
Anzeige

Fundamental Amplifier Techniques with Electron Tubes

NEU!

➔ Neue Röhren-Fibel in englischer Originalsprache!

Schon seit Jahren befand sich der Autor Rudolf Moers auf der Suche nach einem Buch, das beschreibt, wie man Verstärker mit Röhren entwirft, und das über reines Basiswissen hinausgeht. Da er solch ein Buch nicht finden konnte, beschloss er irgendwann, genau so ein Buch zu schreiben, das er selbst gerne gekauft hätte. Zu diesem Zwecke arbeitete er sich durch viel Literatur zu diesem Thema und führt viele Messungen selbst durch. Anschließend folgte die Organisation all dieser Informationen, die Erstellung von Zeichnungen und Formeln sowie die textliche Aufarbeitung. Und diese Mühe hat sich gelohnt: Heraus kam eine große Sammlung an Wissen über Röhrenelektronik, von der etliche Aspekte sogar schon in Gefahr standen, in Vergessenheit zu geraten. Zwei Aspekte an einem technischen Buch sind Lesern erfahrungsgemäß besonders wichtig: Genauigkeit und leichte Lesbarkeit. Beide zugleich findet man leider nur selten vereint. Gerade Leser ohne tiefen mathematischen Hintergrund sind eher an funktionierenden Rezepten ganz wie in einem Kochbuch interessiert. Dieses Buch erfüllt sogar diese Ansprüche, ohne die Lesbarkeit zu beeinträchtigen.



834 Seiten (geb.)
 Format 21 x 28,5 cm
 ISBN 978-0-905705-93-4
 € 75,00 • CHF 102,00

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

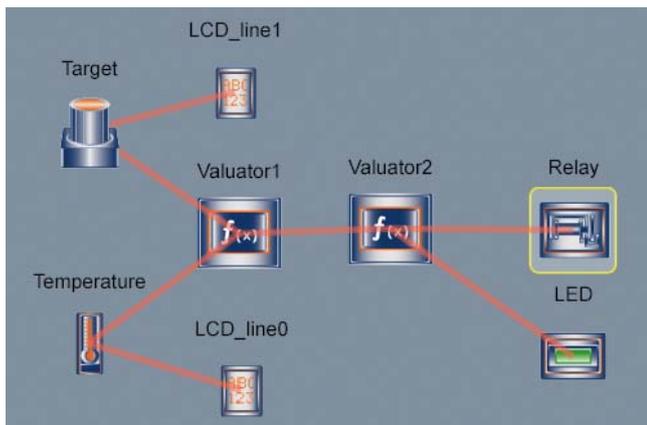


Bild 12. Projekt mit LC-Display und LED.

benötigt man zur Programmierung des PSoCs einen Programmer (wie den in den Entwicklungs-Kits von Cypress enthaltenen Miniprogrammierer).

Von Cypress gibt es verschiedene Entwicklungs- oder Evaluations-Kits zu erträglichen Preisen. Das Einstiegsmodell CY3210-MiniProg1 gibt es schon für etwa 45 €. Es enthält den erwähnten USB-Programmierer Miniprogrammierer, einen PSoC/Mikrocontroller des Typs CY8C29466 im 28-poligen DIL-Gehäuse, eine Experimentierplatine (CY3210-MiniEval1) mit einem Sockel für den PSoC, etliche Ein- und Ausgänge, ein Poti (das man für unser Projekt verwenden kann) sowie einen 5-poligen Steckverbinder zur Programmierung des PSoCs. Den MiniProg1 kann man auch mit einem normalen 5-V-Netzteil betreiben.

Das universellste Kit ist das Modell CY3210-Eval1, das für etwa 100 € einen MiniProg1, einen PSoC des Typs CY8C29466 im DIL-Gehäuse und ein Entwicklungs-Board mit frei bestückbarer Prototypenfläche sowie etliche Ein- und Ausgänge, ein semi-grafisches LCD, einen Anschluss für die In-Circuit-Programmierung und diverse Möglichkeiten der Stromversorgung bietet.

Bild 11 zeigt den mit Hilfe des CY3210-MiniEval1-Boards aufgebauten Thermostaten. Die einzelnen Funktionen sind dabei aufgeteilt zwischen dem Entwicklungs-Board (PSoC und Programmier- sowie Stromversorgungsanschluss und Poti zur Sollwerteneinstellung) und einer speziellen Zusatzplatine, welche die Temperatur- und Relais-Funktionen von Bild 9 beherbergt. Das gesamte Projekt wird vom im Foto nicht gezeigten MiniProg1 mit 5 V versorgt.

Ein zweiter Aufbau wurde mit dem CY3210-Eval1-Board realisiert. Bei dieser zweiten Version gibt es noch Erweiterungsmöglichkeiten: Gegenüber der Variante 1 zeigt das LCD die eingestellte und die gemessene Temperatur an und eine LED gibt Auskunft über den Status des Relais. Diese Erweiterungen kann man mit der selben Methode hinzufügen wie die anderen Komponenten. Inklusiv benötigte diese Erweiterung nur zehn Minuten. **Bild 12** zeigt das resultierende PSoC-Designer-Projekt; **Bild 13** demonstriert, wie das Ganze auf einem CY3210-Eval1-Board mit Batterieversorgung aussieht.

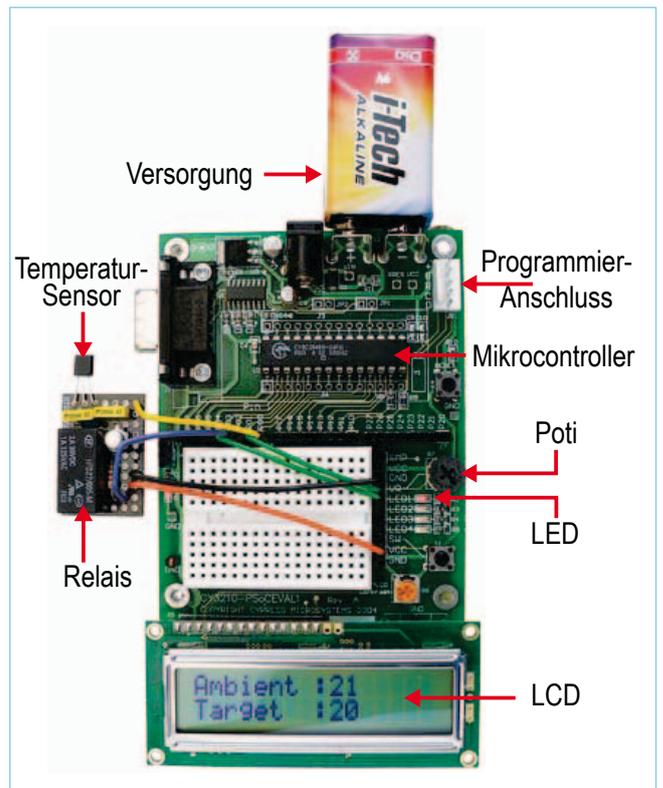
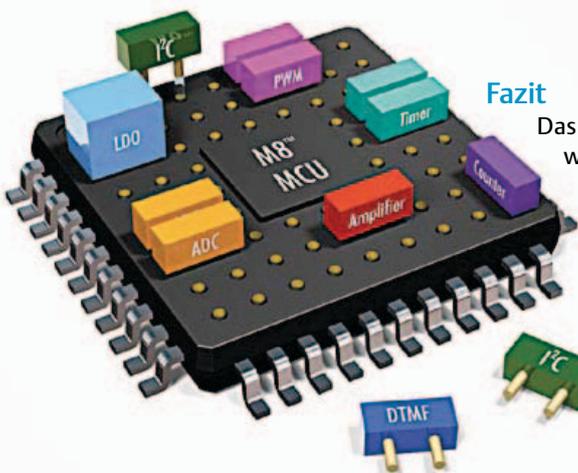


Bild 13. Aufbau mit einem CY3210-Eval1-Board.



Fazit

Das verwendete Beispiel-Projekt ist weder komplex noch anspruchsvoll genug für die Demonstration aller Fähigkeiten des „PSoC Designer“. Kapazitive Berührungssensoren, Näherungsdetektoren oder ein Funkmodul unterstützen die unterschiedlichsten Anwendungen, und mit I²C, SPI, USB sind PSoCs

auch für moderne Kommunikationsbedürfnisse gerüstet. Alle diese Komponenten kann man so einfach wie in diesem Artikel beschrieben einbinden, ohne dass man unbedingt besonderes Fachwissen oder Programmierfähigkeiten haben müsste.

(090076)

Weblink

[1] www.cypress.com

Event-Kalender

Workshops • Seminare • Masterclasses



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



Serielle (Geräte-)Bussysteme

Bochum 22.02. bis 24.02.2011

www.elektor.de/bussysteme

Eagle PCB und Design

Hamburg 29.03.2011

Zürich (CH) 29.06.2011

Hannover 29.09.2011

Hanau 06.10.2011

www.elektor.de/eagle-seminar

C-Programmierung für Mikrocontroller

Hanau 28.02. bis 02.03.2011

Hanau 13.09. bis 15.09.2011

www.elektor.de/c-prog

PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C

München 11.05. + 12.05.2011

www.elektor.de/pic-prog

Grafische AVR-Programmierung mit Flowcode

München 20.05.2011

Hamburg 22.09.2011

Berlin 27.09.2011

www.elektor.de/avr-prog

AVR-Mikrocontroller (für Einsteiger)

Dortmund 09.04.2011

München 21.05.2011

Hanau 24.09.2011

Hamburg 05.11.2011

Hannover 03.12.2011

www.elektor.de/avr-workshop

NEU!

Echtzeitbetriebssysteme in Theorie und Praxis

Frankfurt am Main 23.05. bis 25.05.2011

Hamburg 02.11. bis 04.11.2011

München 06.12. bis 08.12.2011

www.elektor.de/ezb-systeme

events

Änderungen vorbehalten.

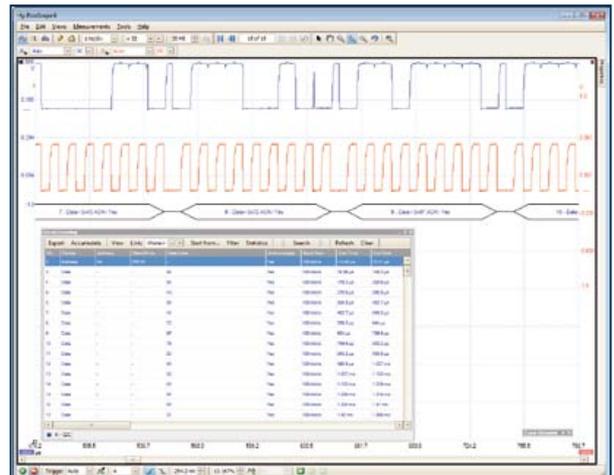
Weitere Infos unter

www.elektor.de/events

pico
Technology

BEZAHLBARES KNOW-HOW

DIE PC-OSZILLOSKOP-REIHE VON
PICO TECHNOLOGY



BANDBREITE

20 MHz bis 12 GHz

ABTASTRATEN

50 MS/s bis 5 GS/s



SPEICHER

8 kS bis 1 GS

AUFLÖSUNG

8 bis 6 bit



PREISE

150 € bis 9060 €

Neueste Software-Updates:

I²C & CAN-Bus-Dekodierung,

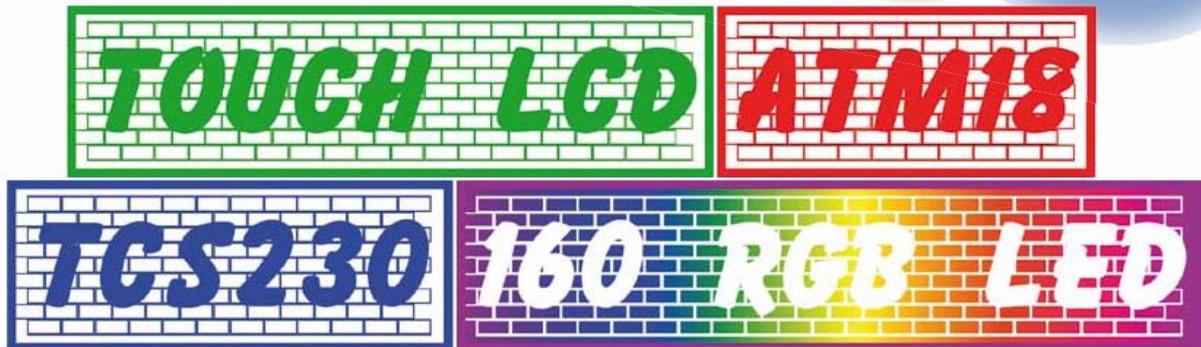
Mask-Limit-Test, erweiterte Triggermöglichkeiten,

digitale Tiefpassfilterung, Schnelltriggerung

www.picotech.com/scope2038

Eine Lichterkette mit 160 RGB-LEDs

Damit setzt man alles ins rechte Licht...



Von Grégory Ester (F)

Diese neue Schaltung kommt in allen Farben daher. Schwarze Gedanken verfliegen sofort durch die warme und farbige Atmosphäre, die diese sanfte Beleuchtung verbreitet. Diese Hightech-Girlande ist auch bestens geeignet, um ein Schaufenster zu dekorieren oder eine Party zu schmücken. Noch dazu ist sie selbstklebend.

Vorbei ist die Zeit langweilig blinkender LEDs – hier kommt eine neue Leuchteffekt-Generation!

Mit der hier vorgestellten Schaltung steuern Sie eine LED-Girlande entweder über einen Touchscreen oder über einen Farbsensor. Im ersten Fall brauchen Sie nur Ihren Finger oder einen (Zeige-)Stift, im zweiten zeigen Sie dem Sensor einfach die rote Karte – oder eine grüne oder eine blaue. Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann ran an die Platinen, Sie haben grünes Licht für den Aufbau!

Farbige Kombination

Das Projekt besteht aus einer ATM18-Platine von Elektor [1], einem Farbsensor [2], einer LCD-Graphik-Anzeige mit 128 x 64 Pixeln und Touchscreen [3], einer 2-Draht-LC-Anzeige von Elektor [4] und nicht zuletzt aus einer RGB-LED-Lichterkette [5]. Zwei verschiedene Konfigurationen wurden vorgesehen: mit Touchscreen (dann ohne Farbsensor und 2-Draht-LCD) oder mit Farbsensor und 2-Draht-LCD (dann ohne Touchscreen).

Bild 1 zeigt, wie die Module untereinander verbunden werden müssen. Diese Konfiguration ermöglicht es, beide Bedienungsvarianten (Touchscreen oder Farbsensor) auszuprobieren – je nachdem, wel-

che Firmware sie in den Controller laden: 74_DOGM_HL1606.hex für den Touchscreen und 75_HL1606_TCS230.hex für den Farbsensor mit 2-Draht-LCD.

Tabelle 1 zeigt, bei welcher Version welche Peripherie benötigt wird. Die Programme und der Quellcode sind wie immer kostenlos von der Projekt-Webseite [3] verfügbar.

Lichtschlangenbeschwörung

Die von Astro-Fly Lighting Technology in Hongkong stammende Lichterkette [6] lässt sich mit der Suche nach „HL1606 5050“ im Internet oder unter [5] finden. Die Kette besteht aus mehreren Segmenten von je 6,2 cm Länge. Jedes Segment trägt zwei RGB-LEDs, welche einzeln über SPI seriell angesteuert werden können. Außerdem besitzt jedes Segment einen Klebestreifen, so dass man sie leicht auf fast jeder Oberfläche befestigen kann.

Bevor man die Lichterkette nach eigenen Wünschen steuern und eigene Effekte erzeugen kann, muss man sich etwas mit der Funktionsweise beschäftigen. Zu diesem Zweck lassen wird erst einmal

Tabelle 1. Zwei verschiedene Konfigurationen für die Bedienung.

Konfiguration	Eingesetzte Peripherie			
	TCS230	ATM18	2-Draht-LCD	RGB-Lichtschlange
Farbsensor (75_HL1606_TCS230.hex)	TCS230	ATM18	2-Draht-LCD	RGB-Lichtschlange
graphischer LCD-Touchscreen (74_DOGM_HL1606.hex)	Touch-LCD	ATM18		RGB-Lichtschlange

Tabelle 2. Aufbau der zwei Bytes zur Steuerung eines Segments.

Erste RGB-LED							Zweite RGB-LED								
D16	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1
Latch	Speed fade	blau		rot		grün		Latch	Speed fade	blau		rot		grün	

nur die ersten beiden blauen LEDs aufleuchten und betrachten die Signale mit dem Oszilloskop. Aber vorher analysieren wir die Bitfolgen, die über die serielle Verbindung mit dem Taktsignal synchron ausgegeben werden.

Jede RGB-LED wird durch acht Bits gesteuert. Je zwei Bits für eine Farbe (rot, grün, blau) stehen für vier mögliche Zustände:

- 00: LED aus
- 01: LED an, ständig maximale Intensität
- 10: *fade in*, die Leuchtintensität steigt schrittweise vom Minimum zum Maximum an, wobei die Änderungsgeschwindigkeit von Signal *S_I* abhängt (siehe Schaltbild)
- 11: *fade out*, die Intensität vermindert sich von Maximum auf Minimum.

Das Bit *speed fade* steuert die Änderungsgeschwindigkeit zwischen Standard-Geschwindigkeit (Bit nicht gesetzt) und doppelter Geschwindigkeit (Bit gesetzt).

Das achte Bit (*Latch*) vervollständigt das Byte. Nur wenn es gesetzt ist, werden die übrigen Daten übernommen, ansonsten werden sie ignoriert. Dies erlaubt es, Daten für andere Module durch das IC zu schieben, ohne den Dimmvorgang dieses ICs zu beeinflussen.

Wie in **Tabelle 2** dargestellt, benötigt man also zwei Bytes für die zwei LEDs eines Moduls. Das MSB (D16) wird zuerst über die serielle Verbindung ausgegeben. Sobald alle Bytes ausgegeben sind muss man über Pin *L_I* den Latch-Befehl geben.

Ein ganz kurzes Beispielprogramm in BASCOM-AVR schaltet die beiden blauen LEDs des ersten Moduls mit maximaler Helligkeit ein:

```
Color_array(4) = &B10010000 ,BLUE
For X = 1 To 2
  Spiout Color_array(4) , 1
Next X
Set L
Waitus 3
```

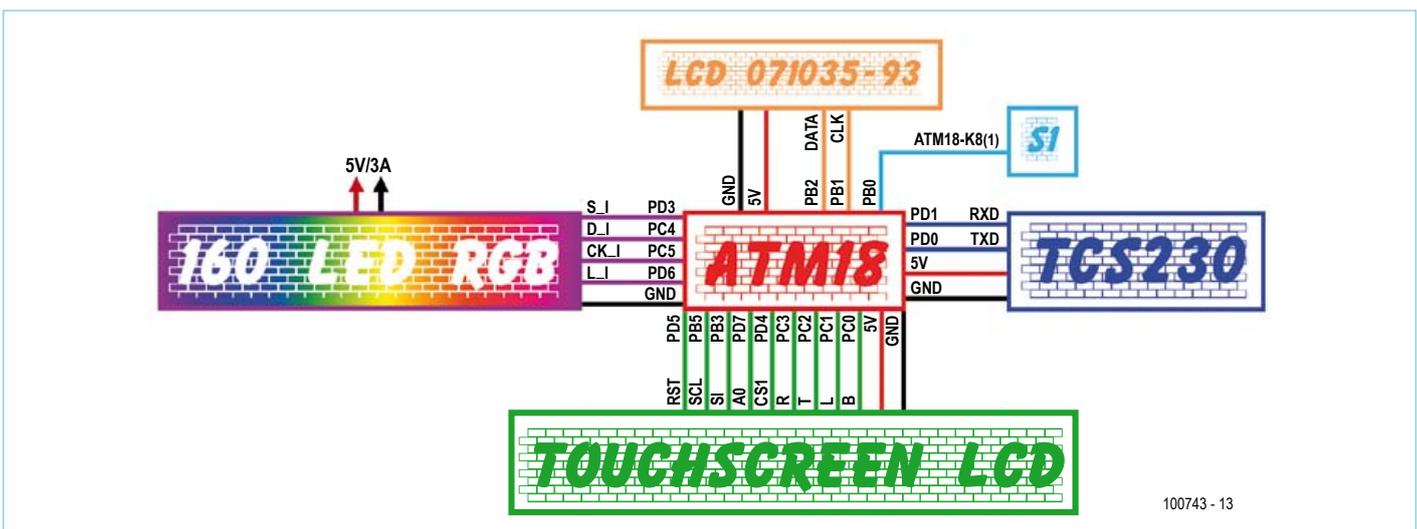


Bild 1. Blockschaltbild

Elektor-Produkte & Downloads

- Platine: EPS 100743-1 (Elektor-Shop)
- Platinenlayout (Gratis-Download): 100743-1.pdf [3]

- Software (Gratis-Download): 100743-11.zip [3]
- ATM18-Controller-Board: EPS 071035-91 (Elektor-Shop)
- ATM18-Testboard: EPS 071035-92 (Elektor-Shop)
- Zweidraht-LC-Display: EPS-071035-93 (Elektor-Shop)

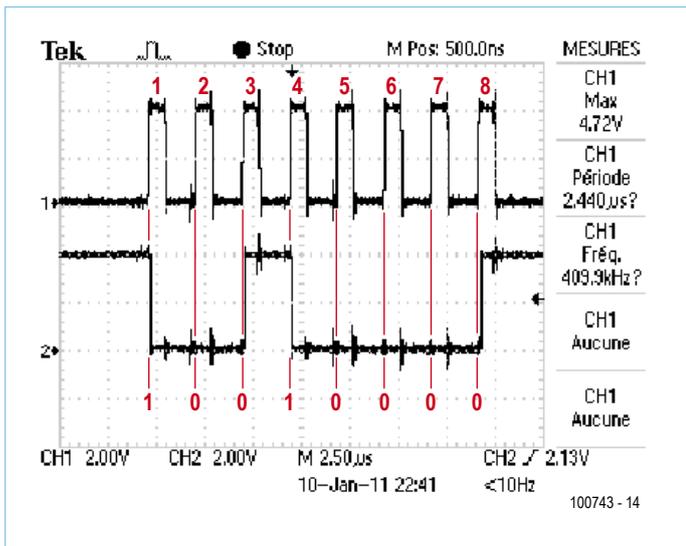


Bild 2. Gesendetes Byte mit Taktsignal.

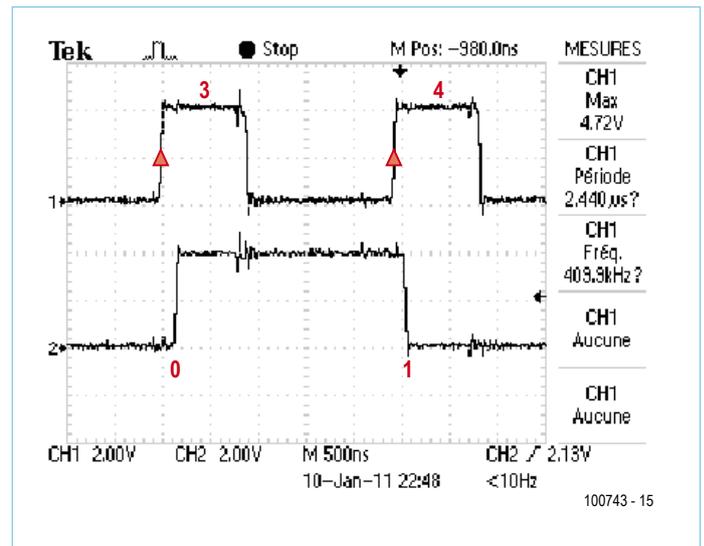


Bild 3. Synchronisation näher betrachtet.

Reset L

Bild 2 stellt das erste Byte dar, während **Bild 3** zeigt, dass die Daten mit der steigenden Flanke des Taktsignals übernommen werden (zuerst eine Null, dann eine Eins).

In **Bild 4** strahlen die LEDs in ihrer ganzen Pracht, wobei allerdings die Realität das Bild übertrifft: ein strahlendes Topasblau. Unter Verwendung der Methode aus *Lumen, Lux und Candela* [7] wurde eine Helligkeit (Beleuchtungsstärke) von etwa 20 bis 40 Lux ermittelt.

Effektvoller Übergang

Wir senden nun 160 Bytes über die serielle Leitung, wodurch alle 160 LEDs gleichzeitig innerhalb von genau 1,4 Sekunden ihre Farbe von grün über orange nach rot ändern.

Wenn Sie sich fragen, wie das zustande kommt, finden Sie die Antwort in den folgenden Programmzeilen und deren Erklärung weiter unten.

```

Config Timer0 = Timer , Prescale = 1024
On OvF0 Timer0_isr
...
Color_array(28) = &B10001011
...
Fade_speed = 170
    
```

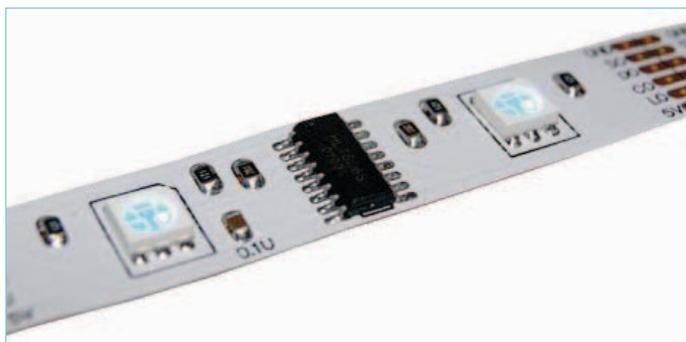


Bild 4. Nur eines von 80 Segmenten!

```

Launch_fade
For x = 1 To 160
    Spiout Color_array(28) , 1
Next x
Latch
Wait 5
...
Timer0_isr:
Timer0 = Fade_speed
Toggle S_i
Return
...
Sub Launch_fade
Enable Timer0
End Sub
    
```

- $16 \text{ MHz} / 1024 = 15.625 \text{ Hz}$; Timer0 wird mit 15.625 Hz getaktet.
- $(1/15625) \times 2^8 = 16,384 \text{ ms}$; bei einem 8-bit-Zähler erfolgt der Überlauf alle 16,384 ms. Timer0 wird jedoch mit 170 vorbelegt (Variable «Fade_speed»), so dass gilt:
- $(1/15625) \times (256-170) = 5,5 \text{ ms}$; somit ändert S_I alle 5,5 ms den Zustand (Toggle S_I), wodurch die für Farbänderungen notwendigen Pulse erzeugt werden. Ein Puls entsteht also alle 11 ms.
- Color_array(28) = &B10001011; Die Intensität von rot beginnt im Minimum (D12 = D4 = 1, D11 = D3 = 0), die von grün hingegen im Maximum (D10 = D2 = 1, D9 = D1 = 1), mit jedem Puls (S_I) wird sie schrittweise verändert, rot steigt an, grün verhält sich gegenläufig. Nach 128 Pulsen ist die Lichterkette vollständig rot.
- $128 \times 11 \text{ ms} = 1,4 \text{ s}$; der Farbverlauf findet also binnen 1,4 Sekunden statt. Falls die Bits D15, D7 gesetzt gewesen wären, hätte das Ganze nur $1,4/2 = 0,7$ Sekunden gedauert.

Damit lassen sich sehr viele und sehr schöne Effekte realisieren. Um sie schnell und bequem auszuwählen, stellen wir im Folgenden zwei verschiedene Optionen für die „Mensch-Maschine-Schnittstelle“ vor.

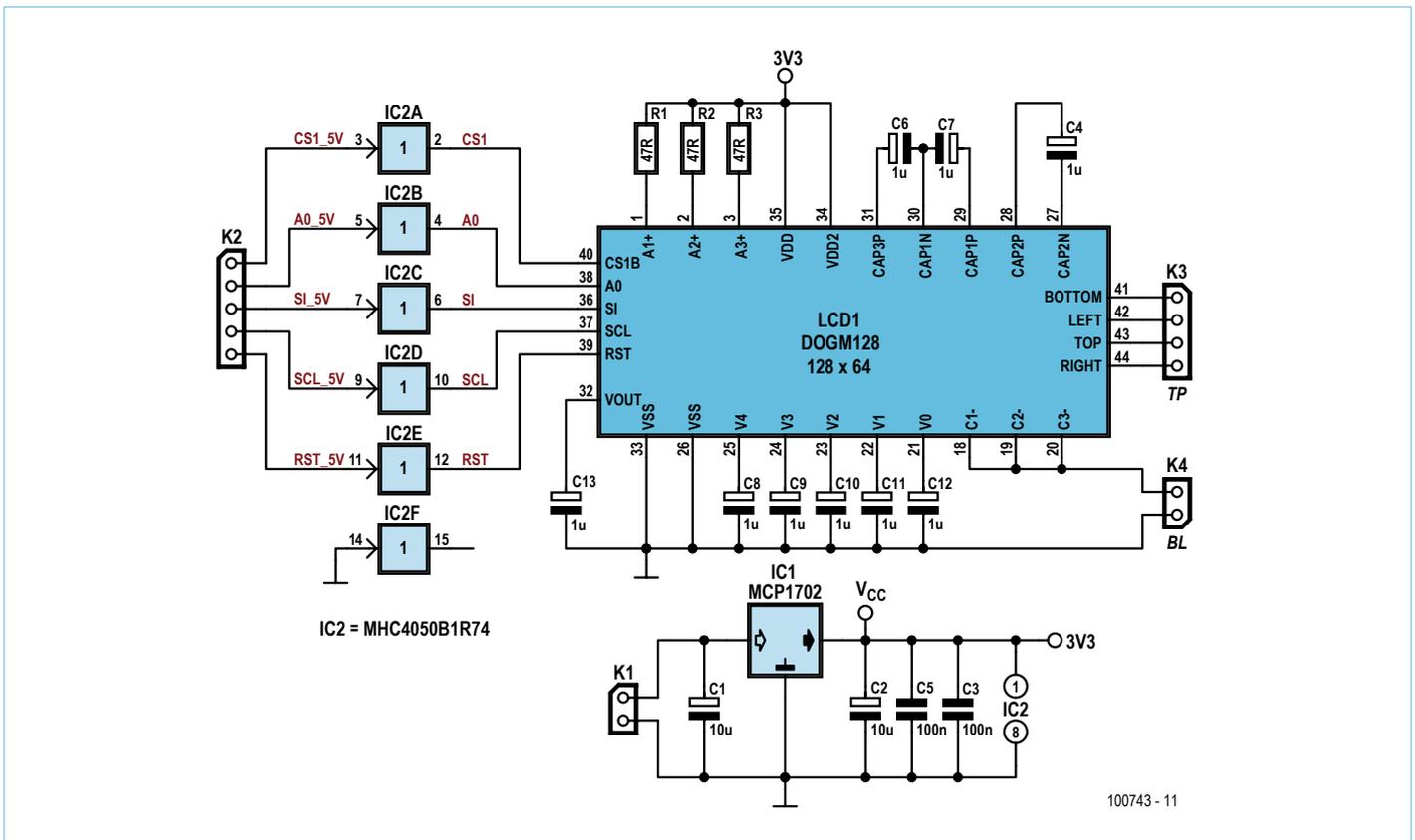


Bild 5. Schaltbild des Touchscreens.

Touchscreen

Die graphische LCD-Anzeige DOGM128W-6 mit 128 x 64 Pixeln in FSTN-Technologie stammt vom Hersteller Electronic Assembly [8] und befindet sich in einem Sandwich-Aufbau zwischen der in verschiedenen Farben erhältlichen LED-Hintergrundbeleuchtung auf der Rückseite und dem Touchpad auf der Vorderseite. Das Ganze wird auf einer Elektor-Platine montiert. **Bild 5** zeigt das (sehr) einfache Schaltbild. Die Platine (Bestellnummer 100743-1) ist unter [3] erhältlich.

Die Anzeige besitzt einen sehr guten Kontrast und ist einfach zu verwalten, da BASCOM-AVR eine Software-Bibliothek anbietet.

```
Config Graphlcd = 128 * 64eadogm, Cs1 =
Portd.4, A0 = Portd.7, Si = Portb.3, Sclk =
Portb.5, Rst = Portd.5
```

Nichts ist einfacher, als damit ein Grafik-Interface zu erzeugen. Es genügt, ein Design im BMP-Format zu erstellen und dieses anschließend durch den in BASCOM-AVR integrierten Graphic Converter zu schicken, um eine Datei gleichen Namens – aber mit einer anderen Endung, die der Compiler erkennt - zu erzeugen (hier: „background_1.bgf“).

```
Showpic 1 , 1 , Picture1
Lcdat 6 , 50 , "WELCOME!"
Wait 1
Lcdat 6 , 50 , "
Lcdat 6 , 50 , "PROGRAM:"
...
```

Picture1:
\$bgf "background_1.bgf"

Den Touchscreen (**Bild 7**) kann man als Anordnung von zwei Potentiometern betrachten, deren Werte wie folgt gelesen werden:

- Man legt eine Spannung von 5 V an „TOP“ und „BOTTOM“ an und erhält zwischen „LEFT“ und „RIGHT“ eine Spannung proportional zur horizontalen Position des Eingabestifts (Y-Koordinate).
- Legt man nun eine Spannung an „LEFT“ und „RIGHT“ liefert die Spannung zwischen den Pins „TOP“ und „BOTTOM“ die X-Koordinaten der Eingabestift-Position.

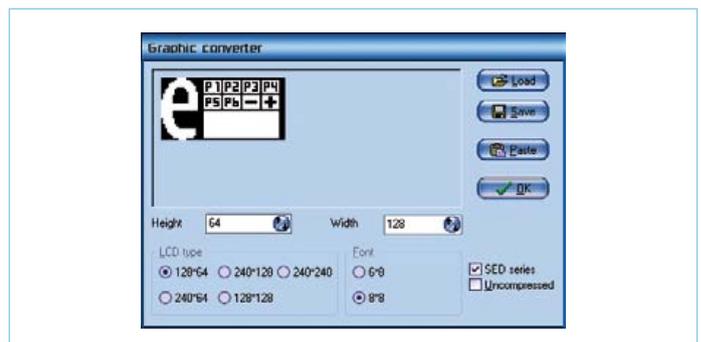


Bild 6. Der Graphic-Converter von BASCOM-AVR.

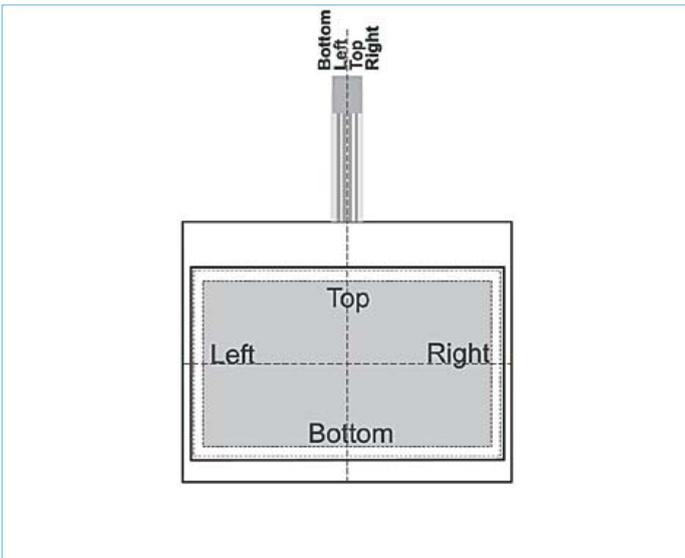


Bild 7. Der Touchscreen.

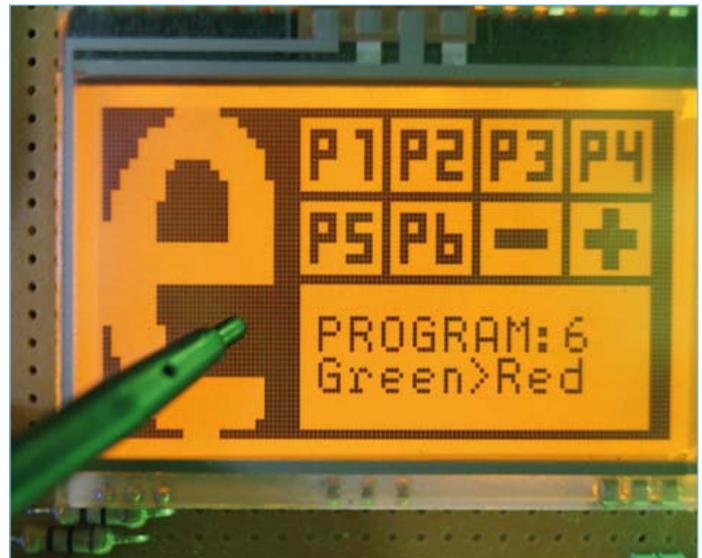


Bild 8. EALED55x46A + EADOGM128W-6 + EATOUCH128-1

Der Aufsetzpunkt des Eingabestifts hat somit die Koordinaten X und Y. Die nötigen A/D-Wandlungen übernimmt der Mikrocontroller mit seinem integrierten ADC. Das Programm erkennt neun Zonen (Bild 8). Sechs Zonen werden den sechs Programmen P1 bis P6 zugeordnet, die mit jedem Touch von Finger oder Stift direkt aufgerufen werden. Über die „Tasten“ + und – können Sie zwischen Nr.1 und Nr.10 navigieren. Das Programm P7 ist zum Beispiel nur auf diese Weise zu erreichen. Der Start erfolgt durch Berühren der die Taste „e“ (wie „Elektor“).

Die digitale Netzhaut

Das Modul TCS230 [2] beinhaltet den gleichnamigen Sensor des Herstellers TAOS. Dieser misst farbiges Licht mit Wellenlängen von 350 bis 750 nm bei einer Lichtstärke von mind. 100 Lux. Es bieten sich drei Möglichkeiten, eine Information (analog/digital) über das zu erhalten, was man ihm an Farbigem vor die Linse (mit 6 mm Durchmesser) hält:

Tabelle 3. Die verfügbaren Effekte. Die Positionen 8 bis 10 sind für Ihre eigenen Programme reserviert...	
Effekt	Beschreibung
1 (P1)	Aus rot wird blau...
2 (P2)	„Crazy Snake“
3 (P3)	Rot-Grün oder Grün-Rot ?
4 (P4)	Farbenfolge
5 (P5)	Rhapsody in R-G-Blue !
6 (P6)	Aus grün wird auf Umwegen rot, alles klar ?
7 (P7)	Gaaanz langsam blau werden...
8 (P8)	frei
9 (P9)	frei
10 (P10)	frei

- Eine variable lineare Spannung für rot, grün oder blau;
- Auslesen der digitalen Information in Form von Bytes über eine SPI-Verbindung;
- eine asynchrone serielle Verbindung, welche direkt ASCII-Zeichen liefert. In diesem Fall haben wir uns für den im Atmega88 vorhandenen UART entschieden.

Nachdem das Programm „75_HL1606_TCS230.hex“ geladen ist, wird der Sensor mit Drücken von S1 beim Start oder nach einem Reset kalibriert, indem man ihn auf eine weiße Fläche richtet:

```
If S1 = 0 Then Print "$sure wb" ; Chr(_cr) ;
Chr(_lf) ; `Start White Balance
```

Die zu diesem Zeitpunkt vor dem Sensor befindliche Fläche liefert die Referenzwerte, an denen sich der Sensor bei der Erkennung der drei Farben Rot, Grün und Blau orientiert.

Die Zwei-Draht-Anzeige

Sobald der Weißabgleich durchgeführt wurde (Bild 9), werden nacheinander drei Dezimalwerte (0 bis 255) auf dem Zweidraht-Display ([4], Bestellnummer 071035-93) für die gemessenen Farben angezeigt. Zur Auswahl einer Funktion hält man eine farbige Fläche (z.B. eine Karte) vor den Sensor. Je nach erkannter Farbe werden folgende Funktionen ausgewählt:

- Rot: Lichterkette leuchtet rot
- Grün: Lichterkette leuchtet grün
- Blau: Lichterkette leuchtet blau
- Weiß: Alle LEDs leuchten mit maximaler Helligkeit
- Schwarz (oder abgedeckter Sensor): Alle LEDs dunkel.

In Bild 10 sieht man, was bei einem grünen A4-Blatt vor dem Sensor passiert:

Ist es das perfekte Grün, erübrigt sich ein Abgleich der Grenzwerte. Ist das Grün nicht ganz makellos sondern mit Rot- oder Blauanteilen behaftet, kann man wie folgt einen Feinabgleich vornehmen:

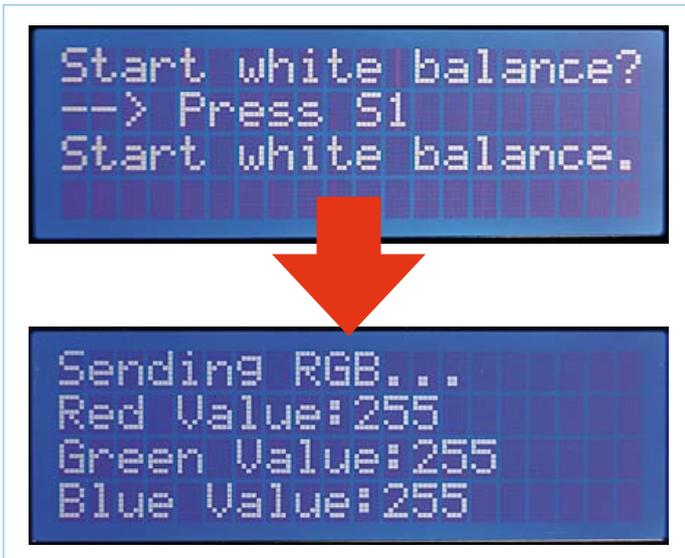


Bild 9. Der Weißabgleich.

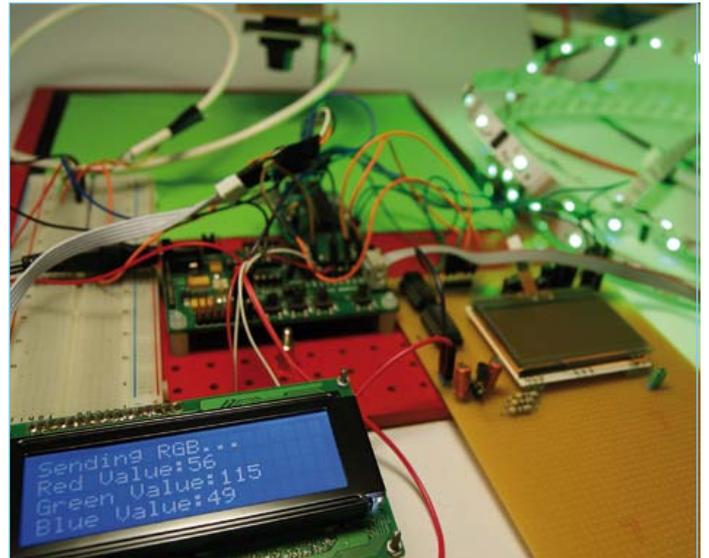


Bild 10. Es grünt so grün...

```

If Var_green > 150 And Var_blue < 140 And Var_
red < 140 Then
  For X = 1 To 160
    Spiout Color_array(2) , 1
  Next X
  Latch
  Wait 1
End If
    
```

Damit wäre das Projekt so weit beschrieben. Sollte die Lichterkette doch nicht auffallend genug sein, werden Sie mit der farbgesteuerten Bedienung bestimmt Aufsehen erregen. Eine Lichtschlange, die wie ein Chamäleon ihre Farbe einer Vorlage anpasst, hat bestimmt noch niemand gesehen...

(100743)

Weblinks

- [1] www.elektor.de/071035
- [2] www.sureelectronics.net/goods.php?id=959
- [3] www.elektor.de/100743
- [4] www.elektor.de/071148
- [5] www.lextronic.fr/P19361-flexible-a-leds-RVB.html
- [6] www.ledlight-lamp.com/cp/html/?310.html
- [7] www.elektor.de/100621 (Elektor12/2010, S. 46 ff.)
- [8] www.lcd-module.de/produkte/dog.html



Stückliste

Widerstände:

R1, R2, R3 = 47 Ω

Kondensatoren:

C1, C2 = 10 µ/25 V, radial, RM 2,5 mm
 C3, C5 = 100 n, RM 5 oder 7,5 mm
 C4, C6...C13 = 1 µ/16 V, radial, RM 2,5 mm

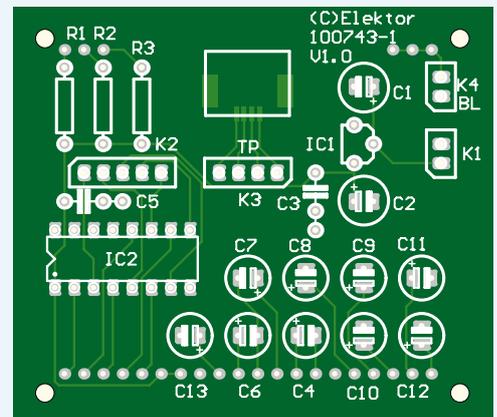
Halbleiter:

IC1 = MCP1702-3302E/TO (TO-92)
 IC2 = 74HC4050N (DIP-16)

Außerdem:

LCD1 = Grafik-LCD Electronic Assembly EA DOGM128X-6
 Touchscreen = Electronic Assembly EA TOUCH128-1

K5 = ZIF-Verbinder für Touchscreen
 Electronic Assembly EA WF100-04S
 Hintergrundbeleuchtung = Electronic Assembly EA LED55x31-W (W=weiß, andere Farben erhältlich, siehe Datenblatt von LCD1 [8])
 K1 = Buchsenleiste einreihig, 2-polig, Raster 2,54 mm
 K2 = Buchsenleiste einreihig, 5-polig, Raster 2,54 mm
 K3 = Buchsenleiste einreihig, 4-polig, Raster 2,54 mm
 K4 = Stiftleiste, 2-polig, Raster 2,54 mm
 Jumper oder Schalter für K4
 Platine 100743-1, siehe [3]



FRONTPLATTEN & GEHÄUSE

Kostengünstige Einzelstücke und Kleinserien

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

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

Preisbeispiel: 34,93 €
zzgl. USt./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

e-weekly

elektor-newsletter

Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!

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

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



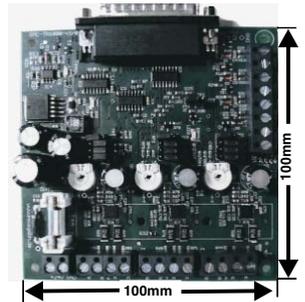
Klicken Sie jetzt auf www.elektor.de/newsletter!

Schrittmotor- steuerkarte

SMC-TR-1000

Neuheit

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



- Steuerung von 3 Achsen **nur € 89,-***
- Phasenströme einstellbar
- Eingänge für Takt- u. Richtungssignale
- Mikroschrittbetrieb (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16)
- Auch von SPS oder Taktgenerator ansteuerbar
- Inklusive Treibersoftware für Windows
- Automatische Ruhestromreduzierung
- Temperaturüberwachung
- 3 Eingänge für Referenzschalter
- 1 Eingang für Not-Aus-Schalter
- Nur 1 Spannungsvers. (24VDC) notwendig
- Hohe Geschwindigkeit durch optimierte Stromregelung
- Kompakte Bauweise
- Auf Sonderwünsche kann eingegangen werden

Besuchen Sie unsere Homepage

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

Workshop AVR-Mikrocontroller in der Praxis



AVR für Einsteiger

Wie bei allem, was man tut, gibt es auch bei der Schaltungsentwicklung und Mikrocontroller-Programmierung irgendwann ein erstes Mal. Und wie bei jedem "Ersten Mal" gilt es Unsicherheiten und Hürden zu überwinden, bevor sich der Erfolg einstellen kann. Gehören Sie zu denjenigen, die gerne eigene Ideen mithilfe von Mikrocontrollern umsetzen würden, den rechten Einstieg bisher aber noch nicht gefunden haben? Oder haben Sie zwar schon die eine oder andere vorgefertigte Mikrocontroller-Schaltung aufgebaut, aber es fehlt Ihnen das wirkliche Verständnis dafür, was innerhalb dieser Winzlinge eigentlich passiert? Dann ist dieser Workshop genau richtig für Sie!

Veranstaltungsorte/-termine:

Dortmund	09.04.2011
München	21.05.2011
Hanau	24.09.2011
Hamburg	05.11.2011
Hannover	03.12.2011

Teilnehmergebühr (zzgl. MwSt.):

429,00 Euro

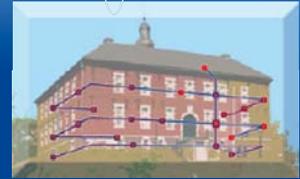
**Elektor-Abonnenten
erhalten 5% Rabatt!**



im Preis inbegriffen: Sämtliche Dokumentation (Handouts/Seminarunterlagen inkl. CD-ROM), ein „XPLAIN“-Starterkit, Aushändigung des Teilnahmezertifikats und Mittagsbuffet.

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

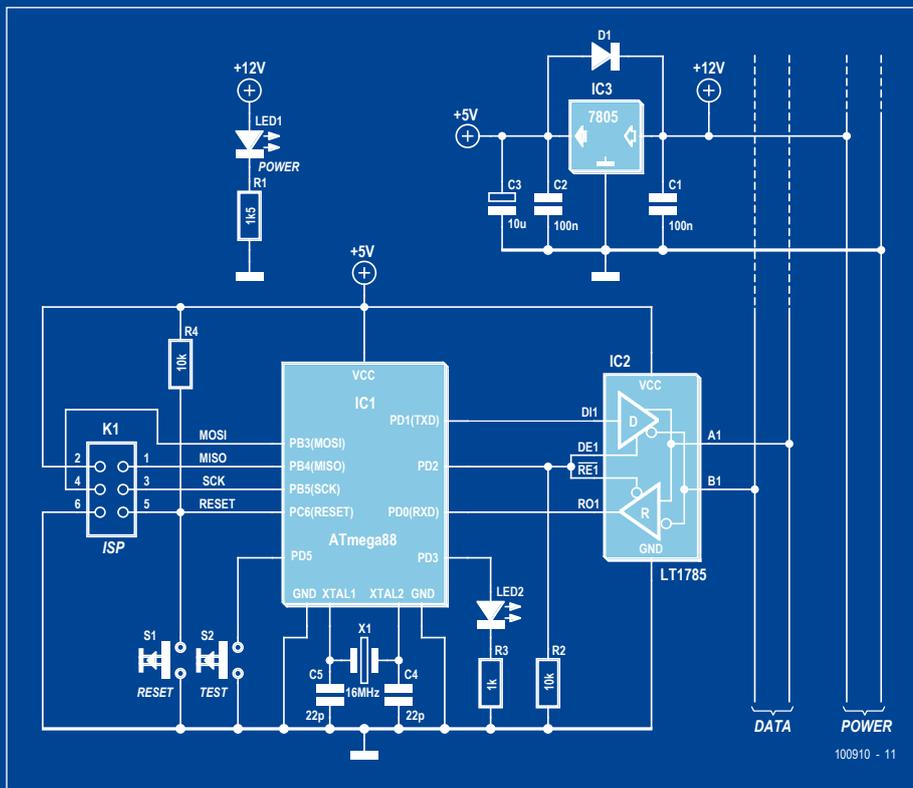
Hier kommt der Bus (3)



Von Jens Nickel

Während ich diese Zeilen schreibe, ist das Januarheft mit dem ersten Teil der Serie rund zwei Wochen erhältlich, und schon in dieser Zeit haben wir rund ein Dutzend E-Mails mit Ideen und Anregungen bekommen. Hierfür vielen Dank! Zwei Leser hätten statt des RS485-Busses den CAN-Bus favorisiert, da dieser eine Kollisionskontrolle bietet, die bei der Hausautomation recht nützlich sein kann. Da auch die CAN-Transceiver-Bausteine nicht allzu teuer sind, wäre dieser Bus hierbei tatsächlich eine gute Alternative gewesen. Doch kommt bestimmt einmal die Zeit, in der wir das letzte bisschen Bitrate aus dem Bus kitzeln wollen, und da kommen wir bei RS485 (vermutlich) ein Stück weiter (CAN ist „nur“ bis 1 Mbit/s „sauber“ verwendbar). Außerdem

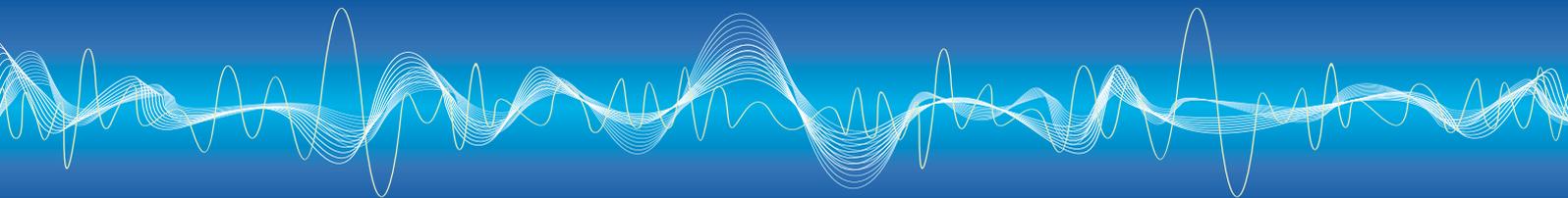
ten und mehr zusammenkommen. Hier kann man tatsächlich Kosten sparen, indem man mehrere einfache Sensoren über den 1-Draht-Bus oder auch I2C an einen Knoten anbindet, der wiederum die volle (RS485-)Busfunktionalität mitbringt. Eine solche Aufgabe nehmen wir uns gerne für einen späteren Teil der Serie vor. Außerdem wird sicherlich auch das Thema Funk (eine weitere Leseranregung) noch eine Rolle spielen. Gleich mehrere Lesermails beschäftigten sich mit dem Thema Stromversorgung über den Bus. Die Elektor-Leser Markus Aebi und Fabien Noir schlugen (unabhängig voneinander) vor, statt 12 V eine Versorgungsspannung von 24 V einzusetzen, was niedrigere Leitungsverluste bedeuten würde (wichtig vor allem bei größeren Hausbussystemen). Um eine solche Frage abschließend klären zu können, muss man allerdings wissen, ob man auch leistungshungrige Knoten (z.B. mit mehreren Relais) über den Bus versorgen will. Auch spielt hinein, ob man zur Generierung der Controller-Versorgungsspannung Linearregler oder Step-Down-Wandler einsetzt, wie viele Knoten am Bus hängen und noch einiges mehr. Für unser Experimentalsystem (siehe unten) haben wir einige dieser Fragen vorläufig beantwortet, doch halten wir das Thema Stromversorgung über den Bus generell für so interessant, dass wir es in einem der folgenden Teile der Serie noch einmal aufgreifen wollen.



bietet der urwüchsige RS485-Bus noch ein wenig mehr Spielraum für eigene Entwicklungen. Wenn man die ganze Sache rein ergebnisorientiert sieht, wäre es sicher einfacher gewesen, wir hätten mehr von dem benutzt, was andere Elektroniker bereits an (Domotik-)Bussen entwickelt haben (weitere Lesermails machten uns hierauf aufmerksam). Die Links [1a].. [1d] zeigen eine Auswahl der teils hervorragenden, gut dokumentierten Projekte.

Eine weitere Anregung unserer Leser war der Einsatz des 1-Draht-Busses, an den zum Beispiel Temperatursensoren angeschlossen werden können. Im ersten Teil hatten wir uns das Ziel gesetzt, dass ein Knoten (Mikrocontroller mit Beschaltung, RS485-Transceiver u.a.) nicht mehr als 15 Euro kosten sollte, doch können bei Domotik-Anwendungen leicht 100 Kno-

langen das Hinterlegen von nichtflüchtigen Konfigurationsdaten in den Knoten, hier bietet sich ein EEPROM an. Dann lässt sich auch eine dynamische Adressierung realisieren, das heißt, die Knoten bekommen von einer zentralen Stelle eine Adresse zugeteilt, mit der sie innerhalb des Busses eindeutig identifizierbar sind. Ansonsten hätte es noch die Möglichkeit gegeben, die Busknoten schon „ab Werk“ mit einer Adresse auszustatten. Aber wenn eine solche Adresse weltweit eindeutig sein muss, muss ein ganz schöner Aufwand getrieben werden, so zum Beispiel eine Vergabe von Adressräumen an alle unsere Leser ;-). Einfacher ist es, wenn man an jedem Knoten über Jumper oder einen DIP-Switch händisch eine Adresse einstellt, mit der sie im eigenen Busnetz erreichbar sein sollen. Doch dies begrenzt wiederum die Teilnehmerzahl (und bei mehr als 8 einzustellenden



Bits pro Knoten bekommt man irgendwann wunde Finger!). So blieb die dynamische Adressierung. Doch dann stellt sich ein Henne-Ei-Problem: Wenn ein Busteilnehmer noch keine eindeutige Adresse besitzt, wie soll ihm dann per Bus eine solche zugewiesen werden?

Eine Möglichkeit für das im letzten Heft beschriebene Master-Slave-System: Ein Slave meldet sich beim Master an, wenn dieser im „Listen-Mode“ auf Ereignisse wartet: „Huhu, ich bin neu hier und habe noch keine Adresse!“ Und weiter kann der Slave noch mitteilen, was er alles kann. Eine solche „At-your-Service“-Anmeldung könnte zum Beispiel automatisch ausgelöst werden, wenn die Betriebsspannung an den Knoten angeschlossen wird. Die Anmeldung ließe sich aber auch manuell durch einen Taster triggern, der überdies für Testzwecke zu gebrauchen wäre. Bei einem großen Hausbus-System müsste man dann freilich erst den Master (etwa eine PC-Software) in den „Listen Mode“ versetzen und dann im ganzen Gebäude herumwandern und bei allen Busknoten die Taster drücken (oder alle Teilnehmer nach und nach an den Bus mit den versorgenden 12 Volt anschließen).

Und wie ginge das bei dem von meinem Kollegen Clemens vorgeschlagenen System, bei dem ein Scheduler die Busteilnehmer reihum abfragt? Mit ein wenig Nachdenken kam ich darauf, dass der Scheduler, nachdem alle Knoten an der Reihe waren, noch einmal in die Runde fragt: „Hallo, war jemand von Euch noch nicht dran?“ Daraufhin meldet sich der neue Teilnehmer und bekommt beim nächsten Durchgang seine Adresse zugeteilt. Zwar ist es auch so nicht möglich, auf einen Schlag gleich mehrere Teilnehmer am Bus anzumelden, aber immerhin ist nun auch mit dem Scheduler-System eine Art „Hot-Plug“-Fähigkeit realisierbar, also die Zuschaltung weiterer Teilnehmer im laufenden Betrieb.

Nach so viel theoretischen Überlegungen musste nun endlich einmal ein erstes Testsystem her! Ein PC sowie ein USB/RS485-Adapter als Master/Scheduler und zwei bis drei weitere Knoten müssten für erste Experimente reichen. Als USB/RS485-Konverter konnten wir den Adapter aus dem Dezember-Heft verwenden [2], den wir in derselben Ausgabe noch auf Halbduplex-Betrieb umgebaut hatten [3].

Da wir im Labor schon einige Erfahrung mit AVR-Controllern hatten und diese auch bei unseren Lesern beliebt sind, wählten wir einen solchen Controller aus, um unsere Knoten zu steuern (außerdem gab es freie Tools für die C-Programmierung und überdies mit BASCOM noch eine gute BASIC-Entwicklungsumgebung). Einen ATmega kann man schon für ein paar Euro kaufen, sollten wir da nicht gleich einen unserer alten Bekannten nehmen, nämlich den ATmega88 aus unserem ATM18-Projekt [4]? Dieser Controller brachte einen A/D-Wandler und ein 512 Byte fassendes EEPROM mit [5]. Außerdem hatten viele Leser schon Erfahrungen mit genau diesem Typ gesammelt. Mit meinem Redaktions-Kollegen Thijs zeichnete ich einen ersten Schaltplan (siehe Bild) und stellte eine kleine Stückliste zusammen. Thijs zählt neben dem Schlagzeugspiel in einer Hardrock-Band auch die Elektronik zu seinen Hobbys, wird ab der nächsten Ausgabe auch im Labor zu Hause sein und ab dann übrigens auch diese Labcenter-Seiten betreuen (so gesehen darf er also zumindest eines seiner Hobbys zum Beruf machen).

Vier 2-polige Schraubklemmen benötigen wir, um die Signale durchzuschleifen, so dass sich die im letzten Heft gezeigte Bustopologie ergibt (wenn einer der Leser zu diesem oder einem anderen Problem eine bessere Lösung weiß, bitte gleich melden!). LED1 zeigt die Betriebsspannung an, LED2 dient zu Testzwecken, genauso wie einer der Taster. Der andere Taster (Reset), die Stiftleiste für die Programmierung (kompatibel zum Beispiel zum Elektor-USB-AVRprog [6]), der Quarz und eine Reihe passiver Bauteile sind Standard. Dasselbe gilt für den Spannungsregler, der die 12-V-Busspannung auf die Knoten-Betriebsspannung von 5 V herabsetzt. Thijs und ich überlegten kurz, ob wir nicht wie beim ATM18-Testboard einen Step-Down-Schaltregler einsetzen sollten, was die Busstromversorgung weniger belastet hätte. Doch dies würde unsere Knoten noch einmal ein wenig verteuern, außerdem wollten wir das Ganze vorerst so einfach wie möglich halten. Allzu viel wollten wir der Stromversorgung unseres Testsystems sowieso nicht zumuten; Aktoren würden wir in jedem Fall extra versorgen.

Auf den LT1785 machte uns Günter Gerold (Wheelie-Geartooth-Sensor) aufmerksam, die Beschaltung ist einfacher als beim LTC1535 und der Chip ist darüber hinaus recht robust gegen Überspannungen, die beim Experimentieren schon mal auftreten können [7]. Vom Controller zum Transceiver genügen zwei Datenleitungen (Receiver Out und Driver In) sowie eine Leitung, die bestimmt, ob gesendet oder empfangen werden soll (von PD2 zu /RE1 und DE1). Die beiden Pins am Transceiver konnten wir verbinden, weil bei uns immer entweder der Driver oder der Receiver „enabled“ sein soll, den „Shutdown State“ (/RE1=high und DE1=low) nutzen wir nicht. Da RXD und TXD beim ATmega88 zum Port PD gehören, haben wir auch die eben erwähnte Steuerleitung sowie den Test-Taster und die Test-LED an diesen Port angeschlossen. Intern verfügt der Controller über Pull-Ups an den Portpins, so dass wir beim Test-Taster auf einen externen Widerstand verzichten konnten.

Übrigens wollen wir uns durchaus einmal auch mit anderen Transceivern beschäftigen. Unser Bus soll nämlich möglichst offen, flexibel und universell bleiben, keinesfalls, das war klar, würden wir uns von irgendwelchen Chips abhängig machen. Schließlich soll man so einen ElektorBus-Knoten auch noch in 30 Jahren bauen können!

(100910)

Was meinen Sie? Schreiben Sie uns unter redaktion@elektor.de!

- [1a] www.freebus.org
- [1b] <http://home-automation-project.netmb.net>
- [1c] www.canathome.de/index.htm
- [1d] <http://sourceforge.net/projects/openhc>
- [2] www.elektor.de/100372
- [3] www.elektor.de/100369
- [4] www.elektor.de/071035
- [5] www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf
- [6] www.elektor.de/080083
- [7] <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/178591fc.pdf>

Die zwei Neuen im Labor

Von Jens Nickel (D)



Für professionelle Entwickler ist es hin und wieder an der Zeit, das eigene Mess-Equipment auf den neuesten Stand zu bringen. Das gilt natürlich auch für unser Labor: Im letzten Jahr entstand der dringende Bedarf nach neuen Oszilloskopen. Mein Kollege Antoine, damals Laborleiter, entschied sich für zwei DSOs der unteren Mittelklasse und hierbei für bekannte Marken: Tektronix und LeCroy. So orderten wir beim Distributor Distrelec [1] ein LeCroy WaveAce 224 [2] sowie ein Tektronix TDS2024B [3] mit denselben Basis-Spezifikationen: 4 Kanäle, 200 MHz Bandbreite und eine maximale Samplerate von 2 GSamples/s (pro Kanal). Beide Geräte besitzen ein etwa 6 Zoll großes Farb-LCD in QVGA-Auflösung (320 x 240 Punkte) und sind sowohl mit einer USB-Buchse zum Anschluss an den PC als auch mit einem USB-Host-Interface für Sticks und Laufwerke ausgestattet. Auch beim Preis schenken sich die Oszilloskope nicht allzu viel: Während der LeCroy bei den einschlägigen Versendern für rund 1800 Euro plus Mehrwertsteuer zu haben ist, muss man für den Tektronix etwa 2100 Euro plus Mehrwertsteuer berappen. Diese Ähnlichkeit lud uns geradezu dazu ein, einmal beide Messgeräte nebeneinander auf den Labortisch zu stellen und zu begutachten.

Unser Messtechnik-Spezialist Harry, Luc aus unserem Labor und ich schalteten die Oszilloskope zuerst einmal ein. Dieser Vorgang mag vielen Lesern zu trivial erscheinen, als das wir ihn hier erwähnen sollten, aber weit gefehlt: So ein DSO ist nämlich nichts Anderes als ein kleiner Computer, auf dem ein Betriebssystem läuft. Und alle Rechner müssen eben zuerst einmal hochgefahren werden, was dauern kann. Beim Tektronix maßen wir über 30 Sekunden, der LeCroy war nach 15 Sekunden messbereit. Das ist kein wirklich schlimmer Nachteil. Doch mag der eine oder andere Elektroniker bei der täglichen Arbeit öfter mal zum Oszi greifen wollen, um „mal schnell was nachzumessen“. Wer da ein analoges Gerät gewöhnt ist, muss sich erst einmal umstellen.

In der Zwischenzeit konnten wir uns bereits einen Überblick über die Bedieneinheit verschaffen. Zumindest für mich, der noch nicht allzu viel Oszilloskop-Erfahrung mitbringt, war es etwas überraschend: Die Knöpfe für die Grundfunktionen

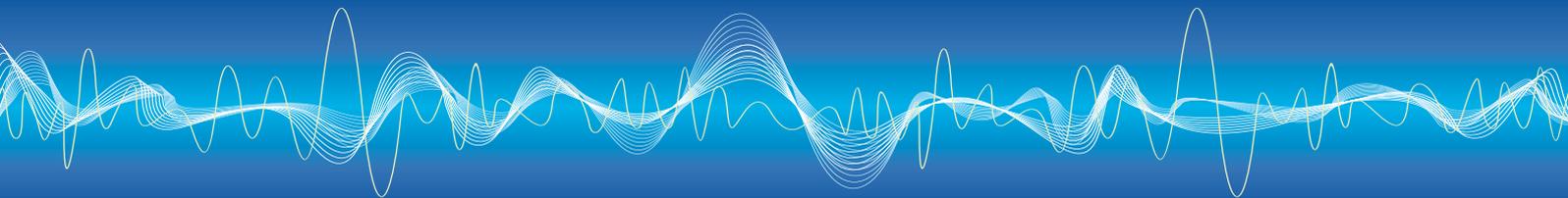
(Zeitbasis und Abschwächung, Trigger u.a.) sitzen bei beiden Geräten fast an der gleichen Stelle. Das setzt sich fort über die Tasten, mit denen die Menüfunktionen ausgewählt werden können und reicht bis zu Details wie dem Button zum Aufruf der Mathematikfunktionen.

Nun schlossen wir an beide Geräte jeweils einen der mitgelieferten Tastköpfe an und kontaktierten ihn mit dem eingebauten Rechteckgenerator, der zum Abgleich verwendet werden kann. Da wir zu dritt an den Knöpfen zugange waren, fiel uns gleich ein Manko der Displays auf: Die Blickwinkelabhängigkeit. Vor allem beim Tektronix ist diese recht ausgeprägt, wer nicht direkt vor dem Gerät sitzt, hat im wahren Wortsinn das Nachsehen.

Unserem Messtechnik-Experten Harry machten außerdem die Sprünge der Kurven zu schaffen, die sich zeigten, wenn die Ablenkung und Verstärkung verändert wurde. Gerade bei Kalibrierungen müssen ja oft Kurven sauber an bestimmte Referenzspannungen herangeführt werden. Das klappt bei einem analogen Oszi natürlich sanft und übergangslos. Doch die DSOs funktionieren prinzipbedingt eben anders: Hier sieht man immer das Ergebnis von Berechnungen, und die dauern einen kleinen Augenblick.

Beim Vergleich der Kurven auf den beiden Displays fiel uns dann ein kleiner Unterschied auf: Das Tektronix scheint etwas mehr auszumitteln, aufgrund des immer vorhandenen Rauschens werden die Kurven etwas in die Breite verschmiert. Beim LeCroy sah man dagegen die Pixel tanzen, und wir hatten daher den subjektiven Eindruck, bei diesem Gerät näher dran am tatsächlichen Geschehen zu sein. Insgesamt muss man beiden Geräten in der Disziplin Signaldarstellung ein Lob aussprechen: Durch die unterschiedlichen verwendeten Farben behält man immer einen guten Überblick, was wo zu sehen ist. Zwei kleine Marker dienen überdies zur Anzeige von Trigger-Pegel und -Position.

Als Nächstes wollten wir ein paar „höhere“ Funktionen ausprobieren. Da die Geräte mit einiger Rechenkraft ausgestattet sind (im LeCroy werkelt zum Beispiel ein Blackfin-DSP BF531



von Analog Devices), sind Mathematikfunktionen wie eine FFT nur eine Sache von Software. Auch Signale addieren und multiplizieren und dergleichen mehr sind kein Problem. Bei diesen Features und den vielfältigen Triggerfunktionen können beide Oszilloskope punkten. Allerdings muss man zu Beginn und sobald Funktionen nicht mehr direkt über Knöpfe erreichbar sind, wohl des Öfteren zum Handbuch greifen. Die Menüführung ist bei beiden Geräten nicht gerade intuitiv, was zugegebenermaßen auch nicht einfach zu realisieren ist, wenn nur ein paar Menü-Knöpfe und ein doch recht begrenztes Display zur Verfügung stehen (hier haben es die Hersteller von USB-Oszilloskopen leichter). Unterstrichen wurde das Ganze durch Lucs gescheiterten Versuch, die Netzwerkbuchse des WaveAce zum Leben zu erwecken. Zwar gelangte er schnell in das Menü zur Einstellung von IP-Adresse und Co., doch wie stellte man hier die richtigen Zahlen ein? Und beim Tektronix waren wir uns nie sicher, ob geänderte Eingaben auch tatsächlich übernommen wurden.

Genug der Spielerei, jetzt wurde es ernst. Harry (Bild) und Luc rückten den Oszis mit dem Schraubenzieher zu Leibe. Das Innenleben der Geräte ist auf dem Bild zu sehen; wir würden hier leichte Vorteile für das LeCroy konstatieren wollen (auf den Bildern jeweils unten). Es gefiel der klar eingeteilte Aufbau und die bessere Abschirmung: Sowohl die ganze Elektronik als auch die Eingangsverstärker zeigten sich jeweils blechumhüllt. Beim Tektronix war die Elektronik über mehrere Platinen verteilt (eine davon recht schwierig zugänglich). Auch das kann natürlich Vorteile haben, so sind die Eingangsverstärker räumlich ein wenig getrennt von den rechnenden und digitalen Chips. In dieser Sektion konnten wir übrigens einen Mikrocontroller MC68SEC000 und einen USB-Controller CY7C67300 identifizieren.

Wieder zusammengebaut, sollten sich die DSOs noch in unserem Labor beweisen, und zwar bei einer Fütterung mit hochfrequenten Signalen. Zuerst kam unser Synthesizer-Funktionsgenerator HP3325 zum Einsatz. Um die Darstellung der Kurven zu vergleichen, wurden beide Geräte parallel über ein BNC-T-Stück an das Signal angeschlossen. Bei einem 10-MHz-Rechteck an Kanal 1 zeigten sich sowohl beim Tektronix als auch beim LeCroy die typische gebogen ansteigende Vorderflanke und eine steil abfallende Rückflanke. Doch oh weh: Beim Tektronix war noch ein deutlicher Dip im Signaldach zu sehen, während das LeCroy eher eine leichte Wölbung nach oben vorgab. Eine Abweichung, die wir uns bei solch ähnlichen Oszilloskopen eigentlich nicht erklären konnten. Schließlich kamen wir auf des Rätsels Lösung: Wir hatten das BNC-Kabel nicht vorschriftsmäßig abgeschlossen, die

Oszis zeigten nur brav das von Kabelreflektionen überlagerte Signal an! Nachdem wir ein weiteres T-Stück und einen Abschlusswiderstand von 50 Ohm in die Kette eingebracht hatten, war ein immer noch leicht kurvig, aber sehr gut übereinstimmendes Rechteck zu sehen. Zwar konnte man in die Signalform auch jetzt noch minimale Unterschiede hineininterpretieren, doch war dies vermutlich weiteren Reflektionen an den T-Stücken geschuldet. Nachdem wir die Position der Oszis einmal probeweise getauscht hatten, waren (zumindest für mich) keine Unterschiede mehr in der Kurvenform erkennbar.

Zum Abschluss führen wir mit einem Signalgenerator HP8640B noch schwereres Geschütz auf (sogar Harry hatte eine gewisse Ehrfurcht vor dem halben Dutzend wuchtiger Drehregler). Wir begannen mit einem 100 MHz Sinus und steigerten die Frequenz langsam. Bis etwa 300 MHz zeigten beide Oszilloskope noch ein sauberes, stabiles Signal-Bild, dann „versagte“ die Triggerung. Die Bandbreite von 200 MHz hatten wir also bestätigt.

Fazit: Die Oszilloskope bieten eine solide Vorstellung, was außen draufsteht, ist auch drin (was bei Messgeräten durchaus nicht selbstverständlich ist). Auch die Ausstattung kann sich sehen lassen. Doch zeigt sich auch, dass die Geräte-Entwickler in dieser Preisklasse doch einige Kompromisse eingehen müssen. Das fängt beim Display an und setzt sich darin fort, dass die DSOs hin und wieder träge reagieren. Leichte Vorteile erkennen wir beim LeCroy wegen des etwas besseren Displays und des authentischer wirkenden Signalbilds, wobei Letzteres (genau wie die schwarze Frontplatte) sicher ein wenig Geschmackssache ist.

Es zeigt sich einmal mehr, dass man ein Oszilloskop genau nach Bedarf kaufen sollte. Wenn man statt der vier Kanäle nur zwei benötigt (oder wenn statt der 200 MHz auch 60 MHz genügen) lassen sich bereits ein paar Hundert Euro sparen.

Wer die genannten Spezifikationen nur gelegentlich benötigt (so wie in unserem Labor), für den mögen die Geräte einen guten Kompromiss darstellen. Bei wem aber das Messen auf mehreren Kanälen zum täglichen Brot gehört, sollte sich überlegen, ob er nicht noch mehr Geld investiert, um zum Beispiel ein größeres Display zu erhalten.

(100451)

- [1] www.lecroy.com/oscilloscope/OscilloscopeModel.aspx?modeid=2121&capid=102&mid=504
- [2] www.tek.com/products/oscilloscopes/tds2000
- [3] www.distrelec.de



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



Wählen Sie unter www.elektor.de/cc-abo
Ihr gewünschtes
Abonnement aus!

12 Original-Ausgaben jährlich für nur

Digital: 38 US-Dollar

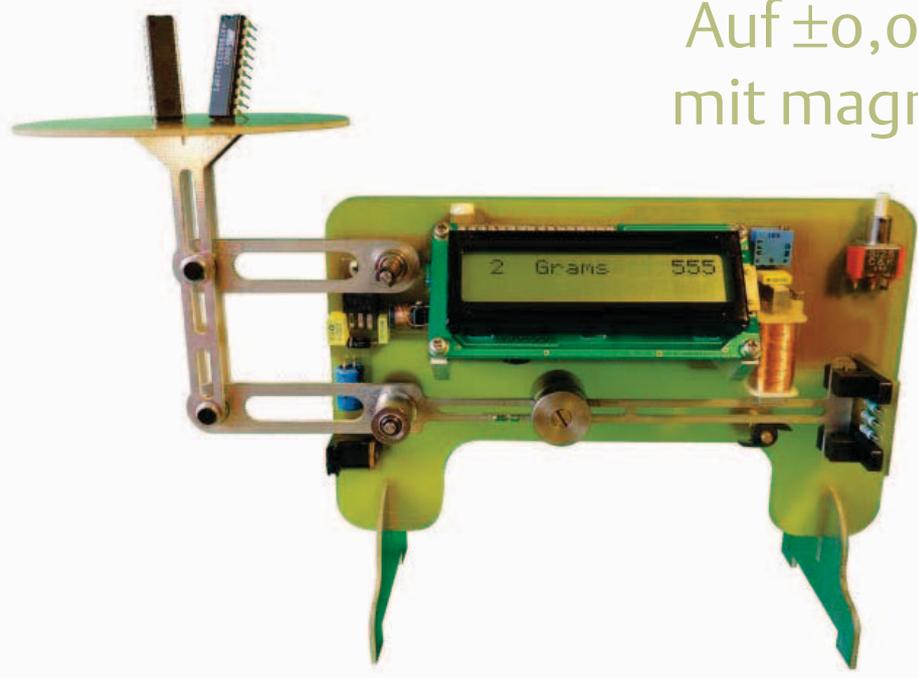
Print: 63 US-Dollar

Digital + Print: 90 US-Dollar

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

Elektronische Feinwaage

Auf $\pm 0,005$ g genau messen -
mit magnetischer Gegenkraft



Von Jean-Philippe Pitollet (F)

Experimente mit dem Magnetismus während spannender Physik-Schulstunden sind oft in bleibender Erinnerung. Nicht selten waren es Eisenfeilspäne, die diese Naturerscheinung und ihre abstrakten Gesetze begreiflich machten. Hier wird der Magnetismus genutzt, um das

Kräftegleichgewicht einer Feinwaage durch gegenpolige magnetische Felder eines Permanentmagneten und einer Kupferdrahtwicklung herzustellen.

Die wichtigsten Konstruktionsteile unserer Feinwaage sind die Hebelmechanik mit Waagschale, in die das zu wiegende Objekt gelegt wird, der Permanentmagnet und die Kupferdrahtwicklung, die mikrocontrollergesteuert den Gleichgewichtszustand herstellt, sowie ein Sensor, der den Gleichgewichtszustand erkennt. Die Masse des zu wiegenden Objekts darf bis zu 20 g betragen, sie wird mit der Genauigkeit $\pm 0,005$ g gewogen. Die Elektronik, die das Gleichgewicht steuert, kommt ohne kostspielige oder ungebräuchliche Bauteile aus. Die Qualität der Waage wird in hohem Maß vom mechanischen Aufbau bestimmt, insbesondere die mechanischen Lager verlangen einige Aufmerksamkeit.

Balkenwaage

Waagen, die nach dem Prinzip des Hebelarms arbeiten, waren schon im alten Ägypten bekannt. Mit einem zweiarmigen Hebel („Balken“), der in einem mittigen Drehpunkt gelagert ist, werden durch Beobachtung des Gleichgewichts zwei Kräfte mitein-

ander verglichen. Bei unserer elektronischen Waage erzeugt ein Magnetfeld die Kraft, an der die Kraft des zu wiegenden Objekts gemessen wird. In **Bild 1** ist das Prinzip dargestellt. Dort hängt die erforderliche Kraft F' (rechts), die den Balken im Gleichgewicht hält, von der Position der Masse m (links, P1, P2 oder P3) ab. Das wird deutlich, wenn die als Vektor dargestellte Kraft in horizontal und vertikal gerichtete Komponenten zerlegt wird, die am Drehpunkt R angreifen. Die Skizze in **Bild 2** zeigt die bei der hier beschriebenen Waage auftretende Kräfteverteilung mit dem Parallelogramm A-A'-B-B'. Mit der Vektor-Algebra lässt sich zeigen, dass in diesem Fall die von der Masse m in Richtung A-A' ausgeübte Kraft unabhängig von der Position P1, P2, oder P3 ist. Damit ist auch die Kraft F' , die den Hebelarm im Gleichgewicht hält, von der Position der Masse m auf der Waagschale unabhängig.

Gegenkraft

Nachdem die von der Masse m ausgeübte Kraft in die gewünschte Richtung wirkt, ist

zu überlegen, wie eine magnetische Gegenkraft das Gleichgewicht herstellen kann. Auf den Teil des Hebelarms, der gegenüber der Masse liegt, können entweder eine Zugkraft oder eine Druckkraft wirken. Einfache Versuche mit zwei Permanentmagneten zeigen, wie sie sich bei gegenseitiger Annäherung verhalten. Wenn der Nordpol und der Südpol zueinander gerichtet sind, wächst die Anziehungskraft abhängig von der verbleibenden Entfernung. Bei Unterschreiten einer bestimmten Distanz ist diese Kraft so stark, dass die Magnete nicht mehr auf Abstand gehalten werden können und gewissermaßen aufeinander zufliegen.

Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn zwei gleichnamige Magnetpole zueinander gerichtet sind. In diesem Fall stoßen sich die Magnete ab, wobei die abstoßende Kraft mit sinkender Distanz wächst. Verglichen mit der ersten Konfiguration gestaltet sich das Halten eines bestimmten Abstands zwischen den Magneten ungleich leichter. Die Anordnung verhält sich stabil, eine kriti-

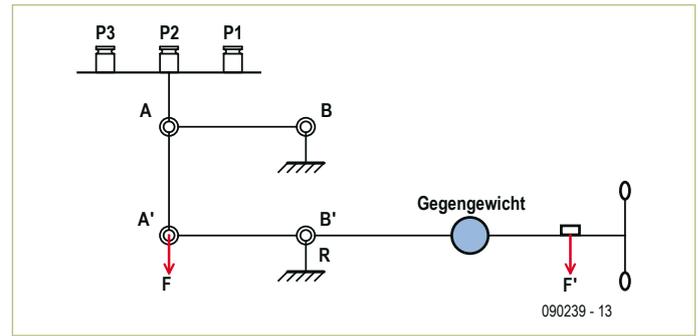
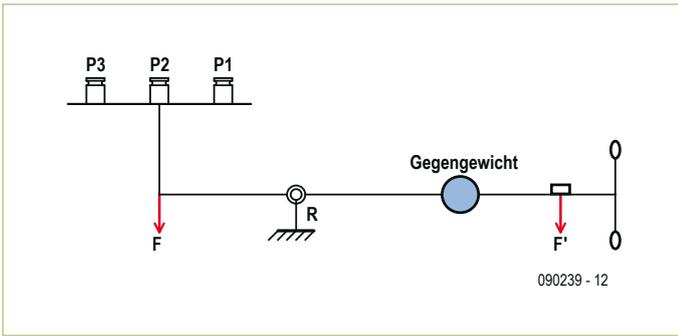


Bild 1. Die für das Gleichgewicht notwendige Gegenkraft F' hängt von der Position (P1, P2, P3) des zu wiegenden Objekts ab.

Bild 2. Hier wird die Kräfteverteilung der Waage vom Parallelogramm A-A'-B-B' bestimmt.

sche Grenze existiert nicht. Diese einfachen Versuche führen zu dem Ergebnis, dass die magnetische Kraft, die den Hebelarm im Gleichgewicht hält, eine Druckkraft sein muss.

Die Versuche haben gleichzeitig gezeigt, dass zwischen der Distanz der Magnete und der wirkenden Kraft offensichtlich kein linearer Zusammenhang besteht. Bei unserer Balkenwaage wird der zweite Permanentmagnet durch eine Kupferdrahtwicklung ersetzt. Der hindurchfließende Strom ist variabel, so dass die magnetische Feldstärke verändert werden kann. Wegen der notwendigen Beweglichkeit des Hebelarms erhält der Permanentmagnet seinen Platz auf dem Hebelarm, während die Wicklung am tragenden Aufbau befestigt ist. Der Strom wird so dosiert, dass im statischen Zustand zwischen Wicklung und Permanentmagnet ein stets gleicher, konstanter Abstand auftritt.

Den Strom liefert eine gesteuerte elektronische Stromquelle. Die relativ kurze Distanz zwischen Permanentmagnet und Kupferdrahtwicklung muss präzise eingehalten werden. Gegenseitige Berührungen und

Berührungen anderer mechanischer Teile sind nicht erlaubt. Für die Abstandserkennung ist deshalb ein berührungsloser, optischer Sensor die richtige Wahl. Bei sehr kleinen Objektbewegungen pendelt die Ausgangsspannung zwischen ihrem niedrigsten und höchsten Wert, zum Beispiel 0 V und 5 V. Dieses Verhalten wird hier genutzt, um das Kräftegleichgewicht zu steuern. Es genügt, den Sollwert der Sensor-Ausgangs-

$20 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g!}$

spannung auf die Hälfte der Spannungsdifferenz festzulegen (hier 2,5 V) und mit einem Komparator zu überwachen. Allerdings darf eine Änderung des Umgebungslichts die Gleichgewichtsschwelle nicht verschieben. Deshalb kommen zwei identische Opto-Sensoren zum Einsatz, die jedoch gegenläufige Signale liefern, das sie wie in **Bild 3** angeordnet sind. Der Schnittpunkt der Signalverläufe, dargestellt in **Bild 4**, ist die Gleichgewichtsschwelle.

Änderungen des Umgebungslichts haben zur Folge, dass sich beide Signalverläufe auf der horizontalen Achse in gleiche Richtung verschieben, der Schnittpunkt bleibt jedoch erhalten. Die Balance der Opto-Sensoren lässt sich noch steigern, indem ihre LEDs in Reihe geschaltet werden, so dass Änderungen der Leuchtstärke einer LED identische Auswirkungen auf beide Sensor-Zweige haben. Dank dieser Maßnahmen sind Auflösungen erreichbar, die einer Wiegegenauigkeit von 5 mg oder besser entsprechen. Die Balkenbewegungen sind dann mit bloßem Auge nicht mehr wahrnehmbar. Wenn kein zu wiegendes Objekt in der Waagschale liegt, ist das System im stationären Gleichgewicht, das Display zeigt „Null“. Der Nullpunkt lässt sich mit der Tara-Funktion verschieben.

Wiegeverfahren

Störende Einflüsse, die das Messergebnis beeinträchtigen können, lassen sich durch geeignete Wiegeverfahren reduzieren. Die bei unserer Balkenwaage angewendete Methode setzt die Einflüsse mechanischer Unvollkommenheiten herab, die für den

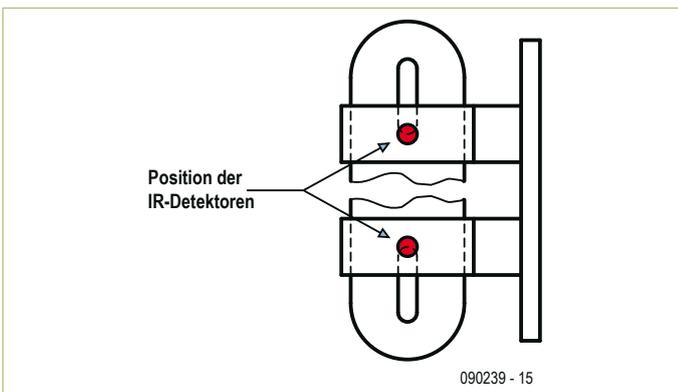


Bild 3. In Abhängigkeit von den Fensterpositionen ändern sich die Signale der Opto-Sensoren gegenläufig.

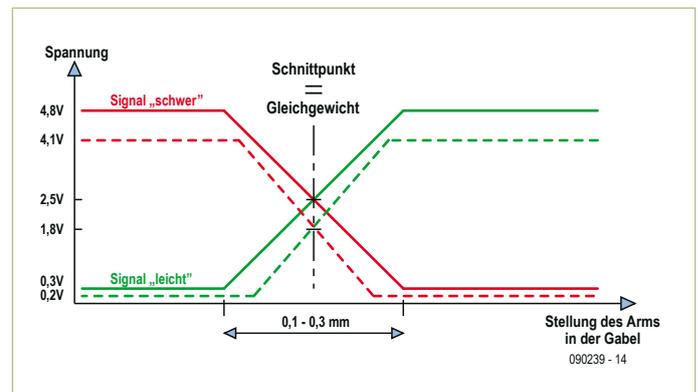


Bild 4. Im Schnittpunkt der Signalverläufe liegt die Gleichgewichtsschwelle.

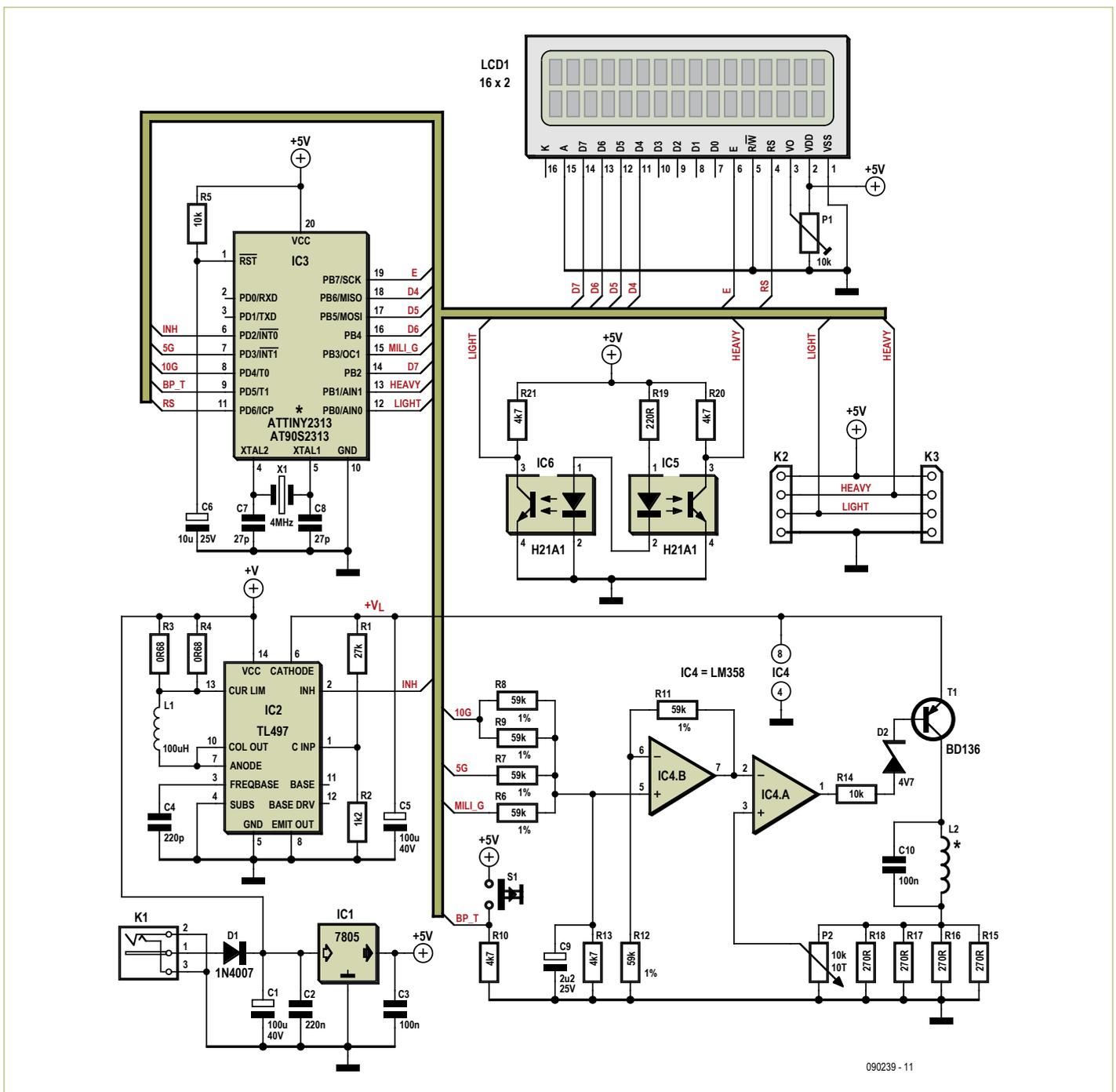


Bild 5. Ein Mikrocontroller steuert abhängig von den Signalen der Opto-Sensoren den Strom, der durch die Wicklung (rechts unten) fließt.

Wiegvorgang aufzuwendende Zeit bleibt trotzdem innerhalb akzeptierbarer Grenzen. Zuerst soll an einem vergleichenden Beispiel betrachtet werden, wie Messfehler infolge der Lagerreibung reduziert werden können. Angenommen, eine schwere Holzkiste steht in der Mitte eines Raums, und sie soll entlang einer gedachten Linie an eine Wand geschoben werden. Die Erfahrung lehrt, dass die aufzuwendende Kraft nicht gleichförmig ist. Um die Holzkiste in Bewegung

zu setzen, ist eine vergleichsweise hohe Kraft nötig. Für das anschließende Schieben reicht eine geringere Kraft aus. Nahe ihrem Bestimmungsort kann die Holzkiste durch wechselweise seitliche Bewegungen in die Endposition gerückt werden. Ein ähnliches Prinzip wird bei unserer Waage angewendet, um die Reibungskräfte der Lager möglichst auszuschalten. Wir wollen hier nur drei alternative Wiegeverfahren beschreiben:

Die erste Methode ist an das binäre Zahlensystem angelehnt. Bei Annäherung an den tatsächlichen Messwert bilden die Zwischenwerte eine progressive Folge, wobei der höchste Wert (20 g) am Anfang steht. Wenn das eingeschaltete Gegengewicht zu schwer ist, wird es halbiert, wenn es zu leicht ist, wird der halbe Wert hinzugefügt. Das Verfahren arbeitet vergleichsweise schnell, wegen der ungleichen Wertedifferenzen haben störende Reibungskräfte nur

Tabelle 1. Funktionen des Tasters S1

Betätigungsdauer	Aktion
Beim Einschalten	Der zuletzt eingestellte Nullpunkt wird gelöscht.
20 ms ... 1 s	Starten des Messvorgangs.
1 s ... 2 s	Für die Tara-Funktion wird ein neuer Nullpunkt gesetzt.
2 s ... 3 s	Speichern eines neuen mechanischen Nullpunkts im EEPROM.

wenig Einfluss. Andererseits ist die Mechanik empfindlichen Stößen ausgesetzt, falls die zu messende Masse sehr klein ist. Der Hebelarm kann dann gegen seinen Anschlag stoßen.

Die zweite Methode besteht darin, die Gegenkraft mit Null beginnend in kleinen, gleichen Schritten zu steigern. Die Wägung ist beendet, sobald das Gleichgewicht hergestellt ist. Nachteilig wirkt sich hier aus, dass der Vorgang relativ lange dauert, insbesondere, wenn die zu wiegende Masse wesentlich größer als Null ist. Wegen der kleinen Schrittweite tritt ein weiterer unerwünschter Effekt auf. Hier kann die Lagerreibung bewirken, dass sich der Hebelarm sprunghaft bewegt.

Bei der dritten Methode, die ebenfalls für unsere Waage in Betracht kommt, wird die Gegenkraft in drei unterschiedlichen Beträgen entweder gesteigert oder reduziert. Die Zeiten, in denen dies geschieht, sind variabel. Auf jede einzelne Phase der Wägung folgt eine Pause. Die letzte Hebelarmbewegung deckt den 10 mg breiten Bereich ab, in dem die Gleichgewichtsschwelle liegt. Falls die letzte Hebelarmbewegung größer ist, kann das ein Hinweis auf eine zu hohe Lagerreibung sein.

Elektronik

In der Schaltung (**Bild 5**) übernimmt ein Mikrocontroller vom Typ ATtiny2313 oder AT90S2313 (IC3) die Steuerung. Auf einem LC-Display erscheinen die Konfigurationsmenüs, der Status der Wägung und natürlich das Ergebnis der Wägung. Das LC-Display wird im 4-bit-Modus betrieben, um möglichst wenige I/O-Leitungen des Mikrocontrollers zu belegen.

Jede Wägung wird durch kurzes Drücken des Tasters S1 eingeleitet. Abhängig von der Betätigungsdauer hat Taster S1 unterschiedliche Funktionen, die **Tabelle 1** zusammenfasst. Die von den Opto-Sensoren (IC5 und IC6) kommenden analogen Signale liegen an den Eingängen PB0 und PB1 (Pin 12 und 13) des Mikrocontrollers. Über die Leitungen PB3, PD3 und PD4 (Pin 15, 7 und 8) steuert der Mikrocontroller den Strom, der durch Wicklung L2 fließt. Intern liegt Leitung PB3 an Timer 1, einem

10-bit-PWM-Generator, während PD3 und PD4 als komplementärer Push-Pull-Ausgang geschaltet sind. In dieser Konfiguration erzeugt Timer 1 eine Ausgangsspannung, deren Mittelwert im Bereich 0...5 V liegt. Die Anzahl der Stufen beträgt 1024. Opamp IC4B verstärkt die über R6...R9 zusammengeführten und von C9 geglätteten Ausgangsspannungen. Die Spannung an PB3 ist äquivalent zur Kraft eines Gewichts, das in 5-mg-Schritten gestuft bis 5 g betragen kann. Hohe Spannung an PD3 entspricht dem Gewicht 5 g, und hohe Spannung an PD4 entspricht dem Gewicht 10 g. Die Frequenz des PWM-Generators beträgt 1818 Hz.

Opamp IC4A ist als Stromquelle geschaltet. Anders als bei einer Spannungsquelle hat eine Drift des ohmschen Widerstands von Wicklung L2, die beim Temperaturanstieg infolge hoher Ströme auftritt, keinen Einfluss. Hinzu kommt, dass das erzeugte magnetische Feld proportional zum hindurchfließenden Strom ist. Die an der Wicklung liegende Spannung ist nicht die maßgebende Größe. Wird die Spannung an L2 auf einem Oszilloskop dargestellt, zeigt sich sofort, dass es sich nicht um eine Gleichspannung handelt. Der parallel liegende Kondensator C10 dient zur Störminderung. Über P2 wird ein Teil der Spannung abgegriffen, die an R15...R18 abfällt und ein Maß für den durch L2 fließenden Strom darstellt. Die in Wärme umgesetzte Leistung wird auf vier Widerstände verteilt, damit Drifterscheinungen auf ein zulässiges Maß begrenzt bleiben.

Die Dimensionierung von T1 und der Einstellbereich von T2 gewährleisten eine weitgehend freie Wahl des Permanentmagneten und der Dimensionierung der Wicklung L2. Das Muster der Waage arbeitet mit der Wicklung eines 12-V-Relais, deren ohmscher Widerstand 440 Ω beträgt. Der Permanentmagnet stammt aus dem Lesekopf eines CD-Players, geeignet ist aber beispielsweise auch der Typ 503610 von Conrad.

Der TL497 (IC2) ist ein Schaltregler, der bei hoher Spannung an Anschluss INH (Pin 2) etwa 11 V liefert, bei niedriger Spannung an INH steigt die Spannung auf ungefähr 27 V an (maximale Spannung). Ein Netzteil, das diese Spannungen liefert, erübr-

igt sich. Die Spannung an INH wird von Mikrocontroller IC3 beim Durchgang durch die 10-g-Schwelle ohne Hysterese umgeschaltet.

Aufbau

Die mechanischen Teile können aus einer Epoxid-Leerplatine gefertigt werden, für den Hebelarm ist wegen des Bimetall-Effekts nur eine doppelseitige Leerplatine geeignet. Die Teile werden zusammengeleitet oder mit Sekundenkleber geklebt, der Permanentmagnet muss mit Sekunden- oder Zweikomponentenkleber befestigt werden. Die zum Projekt gehörenden Maßzeichnungen [1] leisten beim mechanischen Aufbau Hilfestellung. Wichtig ist, dass die Wicklungsbefestigung aus nicht magnetischem Material, zum Beispiel aus Aluminium besteht. Die Lage der elektronischen Bauelemente geht ebenfalls aus den Maßzeichnungen hervor. Die Opto-Sensoren (IC5 und IC6) müssen mit Sorgfalt und Fingerspitzengefühl montiert werden, der Hebelarm darf die Innenseiten der Schlitze nicht berühren.

Testen und Einstellen

Die nachfolgend beschriebenen Prozeduren müssen in der vorgegebenen Reihenfolge durchlaufen werden, anderenfalls sind ein erhöhter Zeitaufwand oder ein enttäuschendes Ergebnis vorprogrammiert.

- Nehmen Sie den Mikrocontroller (IC3) und das LC-Display (LCD1) aus ihren Fassungen und schließen Sie ein 12-V-Steckernetzteil an K1 an (Plus am Mittelanschluss).
- Überprüfen Sie die Spannung 5 V zwischen Pin 10 und Pin 20 von IC3 sowie Pin 1 und Pin 2 von LCD1.
- Kontrollieren Sie die Spannung VL an Pin 8 des Opamps IC4. Die Spannung muss zwischen etwa 11 V und 27 V wechseln, wenn Pin 6 von IC3 abwechselnd an Pin 20 (VCC) oder Pin 10 (GND) gelegt wird. Das Bestehen dieses Tests ist ein Beweis dafür, dass die Schaltung mit dem TL497 (IC2) ordnungsgemäß arbeitet. Die Spannung von 11 V entspricht der Netzteilspannung abzüglich einiger Spannungsverluste, geringe

Vorbereitung der Lager



Zur Mechanik dieser Feinwaage gehören fünf Kugellager im Miniaturformat. Die Kugellager werden mit einer Schmiermittelfüllung geliefert. Die Viskosität des Öls oder, noch ungünstiger, des Fetts ist für die Reibung zwischen dem inneren und äußeren Lagergehäuse verantwortlich. Diese Feinwaage reagiert bereits auf ein Stück Zeitschriften-Papier mit den Maßen 1,12 cm · 1,12 cm, was etwa 10 mg entspricht. Eine solche Empfindlichkeit ist nur erreichbar, wenn die Lager vor dem Einbau entfettet und poliert werden.

Jedes Lager wird in ein Lösungsmittel getaucht und mit einer Mini-Bohrmaschine hochtourig gedreht, bis das Schmiermittel entfernt ist. Als Lösungsmittel ist beispielsweise eine Mischung aus Azeton und Lackverdünner geeignet. Das Lager lässt sich am leichtesten handhaben, wenn es auf eine Achse mit 3 mm Durchmesser, zum Beispiel einen Spiralbohrer gesteckt wird.

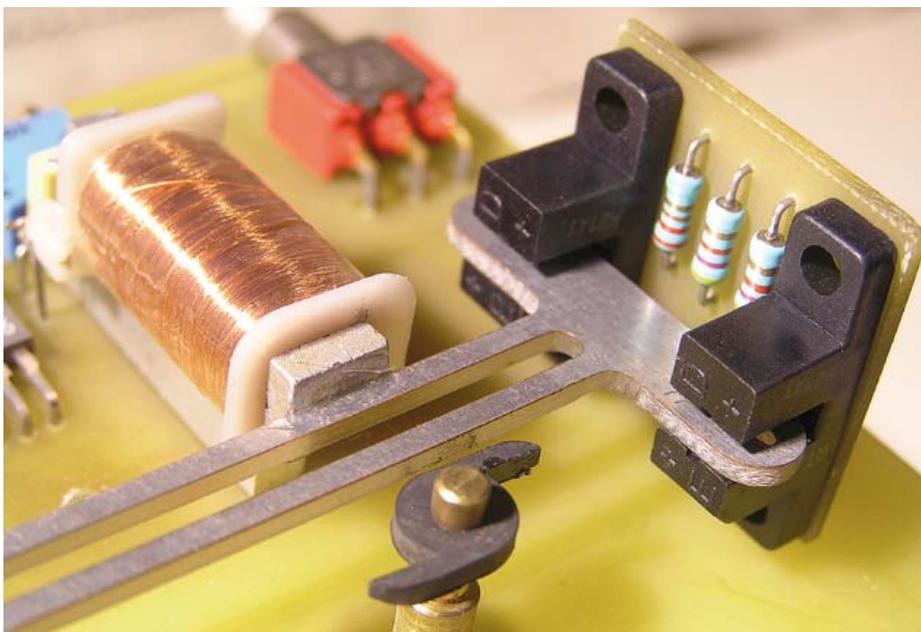
Nach dem Reinigungsbad wird das Lager auf seiner Achse mit der Bohrmaschine oder mit Pressluft hochtourig in schnelle Drehung versetzt, so dass sich die inneren Berührflächen aneinander einschleifen. Die beiden Schritte werden mehrfach wiederholt, den Abschluss bildet ein letzter Spülgang in einem sauberen Lösungsmittelbad.

So vorbereitet muss das Außengehäuse des Lagers ohne erkennbares Bremsen längere Zeit rund drehen, sobald es mit dem Finger in Drehung versetzt wird.

Abweichungen sind kein Anlass zur Sorge.

- Schieben Sie ein kleines Stück Kopierpapier (80 g/m²) zwischen den Permanentmagneten und die Wicklung. Die Papierdicke ist gleich der Breite des Spalts, der im Ruhezustand eingehalten werden muss. Falls die nachfolgenden Schritte nicht durchführbar sind, muss die Spaltbreite verdoppelt werden. In diesem Fall werden alle Schritte nach Zwischenlegen von zwei Papierstücken wiederholt.

- Legen Sie ein Objekt in die Waagschale, das geeignet ist, den Permanentmagneten, das Papier und die Wicklung fest aneinander zu drücken. Ändern Sie die Position der Wicklung in der Weise, dass an Pin 13 von IC3 bei durchschnittlichem Umgebungslicht etwa 2,5 V messbar sind. Voraussetzung für diesen Schritt ist die präzise Justierung der Unterkante des oberen Hebelarmfensters bezogen auf Opto-Sensor IC5. Um die korrekte Position der Wicklung zu finden, ist



möglicherweise etwas Geduld nötig.

- Justieren Sie Opto-Sensor IC6, indem Sie ihn auf der vertikalen Fläche vorsichtig so verschieben, dass bei gleichem Umgebungslicht an Pin 12 von IC3 die Spannung 2,5 V liegt. Dadurch wird erreicht, dass dieser Opto-Sensor auf die Oberkante des unteren Hebelarmfensters justiert ist.
- Falls die Einstellungen nicht zum gewünschten Erfolg führen, vergrößern oder verkleinern Sie den gegenseitigen Abstand der Opto-Sensoren und wiederholen Sie die Prozedur. Die kleine Sensor-Platine ist durch ihre Montage auf Lötinseln in zwei Achsen verschiebbar. Eine korrekte Justierung vor dem Anlöten erleichtert die Einstellung.
- Nachdem die vorstehenden Schritte durchlaufen wurden, schalten Sie das Steckernetzteil ab.
- Entfernen Sie das Objekt aus der Waagschale und verschieben Sie das Gegengewicht auf dem Hebelarm, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Der Permanentmagnet muss die Wicklung immer noch berühren.
- Setzen Sie den programmierten (!) Mikrocontroller und das LC-Display in ihre Fassungen, schalten Sie das Steckernetzteil ein und justieren Sie P1 so, dass das LC-Display gut ablesbar ist.
- Wenn Sie jetzt S1 drücken, erscheint auf dem LC-Display die Meldung *Acquisition in progress*, gefolgt von einem Gewicht, beispielsweise *0 Gram 185*. Verschieben Sie das Gegengewicht, bis das LC-Display ungefähr *0 Gram 080* anzeigt. Drücken Sie S1, bis das LC-Display die Meldung *Save tare weight OK!* ausgibt. Anschließend steht die Anzeige des Gewichts auf *0 Gram 000*. Legen Sie ein 10-g- und ein 5-g-Gewicht in die Waagschale und stellen Sie P2 so ein, dass die Anzeige auch bei wiederholtem Messen auf *15 Grams 000* stehen bleibt. Führen Sie den letzten Schritt auch mit anderen Gewichten zwischen 0 g und 15 g durch. Sie werden feststellen, dass die Genauigkeit der Waage die Mühe gelohnt hat!

(090239)gd

Weblink

[1] www.elektor.de/090239

„Elektor? Wenn mancher Prof
wüsste, wie einfach bestimmte
Sachverhalte erklärt werden
können...“

– Daniel Gerdes, 23 Jahre, Student –

30%
Preis-
vorteil

Elektor ist Wissen für Profis.

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

Ihre Vorteile im Abo:

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



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

elektor

Eins, zwei, drei – MP3!

Softwareprojekt für TMS320C5515-Starter-Kit



Von Lars Lotzenburger (D)

Wie entwickelt man eigentlich einen MP3-Player? Die hier vorgestellte Beispielapplikation beschreibt die wesentlichen Bestandteile und Parameter und zeigt, wie man heutzutage mit ein wenig Programmierkenntnissen einen Player nach eigenen Wünschen entwickeln kann. Ein kostenloses Softwareprojekt macht den Einstieg (fast) zum Kinderspiel.

Die Decodierung eines MP3-kodierten Audiodatenstromes in Echtzeit ist schon lange Stand der Technik. Die vielen am Markt erhältlichen Abspieler müssen sich heute über andere Merkmale differenzieren. Im Vordergrund stehen beispielsweise Bedienung, Style oder die Anzahl an unterstützten Komprimierungsformaten. Da diese kleinen Player aber vor allem mobil sein sollen, ist die Leistungsaufnahme ein weiteres entscheidendes Differenzierungsmerkmal. Ist diese gering, kann entweder der Akku kleiner ausfallen oder die Abspieldauer verlängert werden. Trotzdem muss noch genügend Leistung für die Decodierung eines komprimierten Datenstromes in Echtzeit zur Verfügung stehen. Sehr gut geeignet für eine derartige Anwendung sind stromsparende digitale Signalprozessoren aus der *Ultra-low-power-TMS320C55x*-Familie von Texas Instruments.

Stromspar-DSP

Der jüngste Spross dieser Reihe ist der hier verwendete digitale Signalprozessor

TMS320C5515 [1]. Der Kern zeichnet sich durch eine besonders geringe Leistungsaufnahme von ca. 11 mW bei 75 MHz beziehungsweise 27 mW bei 120 MHz aus. Ein Blick auf die integrierten peripheren Einheiten (siehe **Bild 1**) lässt vermuten, dass die Entwickler auch einen Audiodecoder als Endanwendung im Sinn hatten. So wird der Zugriff auf MMC- oder SD-Karten direkt unterstützt. High-Speed-USB 2.0 zum Anschluss eines Computers sowie eine Echtzeituhr sind auch integriert, ebenso die Unterstützung für eine Flüssigkristall-beziehungsweise OLED-Anzeige und mehrere I²S-Audioschnittstellen.

Starter-Kit

Um den Einstieg in das Entwickeln mit dem TMS320C5515 zu erleichtern, hat die Firma Spectrum Digital Inc. [2] ein so genanntes Starter-Kit mit der Bezeichnung „TMS320C5515 eZDSP USB Stick“ [3] entwickelt. Die Bezeichnung ist vielleicht etwas missverständlich, denn tatsächlich handelt

es sich um eine etwa 70 x 70 Millimeter große Platine (**Bild 2** und **Bild 3**). Das Board verfügt über alle wichtigen Komponenten für einen modernen MP3-Player: einen USB-Anschluss, einen MMC/SD-Kartenhalter, ein (monochromes) OLED-Display, Tasten und einen Audiowandler mit Kopfhöreranschluss und Line-Eingang. Die Stromversorgung erfolgt über die USB-Schnittstelle. Der Programmcode kann auf dem NOR-Flash gespeichert werden, sodass die Platine auch stand-alone arbeiten kann. Während der Entwicklungsphase dient der integrierte XDS100-Emulator als Kommunikationsschnittstelle zwischen der Entwicklungsumgebung auf dem PC und der Platine. Im Starter-Kit [4] ist eine Mini-CD mit einer Entwicklungsumgebung enthalten, bei der es sich um das Code Composer Studio v4 mit einer auf Eclipse basierenden IDE handelt. Das in unserem MP3-Spieler-Beispielprojekt verwendete Echtzeitbetriebssystem DSP/BIOS ist bereits Bestandteil der Installation.

Software

Bekanntlich ist ein Prozessor nur so wert wie die verfügbare Software. Heutzutage wird schließlich die meiste Zeit in die Entwicklung der Software eines Embedded-Systems investiert. Hier wäre es doch effektiv, möglichst viele existierende Softwarekomponenten nutzen zu können, um so schnell zur Anwendung zu kommen. Die Entwicklung eines MP3-Algorithmus ist beispielsweise alles andere als trivial. Zwar existieren zahlreiche Softwareprojekte im Internet, die man auf jeden Prozessor mit C-Compiler portieren kann. Aber selbst wenn der MP3-Algorithmus bereits optimiert ist, müsste noch viel Zeit in die Optimierung auf dem Zielprozessor investiert werden, um dessen Stärken auszunutzen. Nur dann kann der Algorithmus ressourcenschonend arbeiten. Letztendlich spiegelt sich die Optimierung in einer geringen Taktfrequenz und somit auch in einer niedrigeren Leistungsaufnahme wider.

MP3-Projekt

Texas Instruments bietet dem Entwickler dafür eine Menge an Unterstützung. Der MP3-Algorithmus kann kostenlos in Form einer Softwarebibliothek [5] heruntergeladen und einfach in das Softwareprojekt

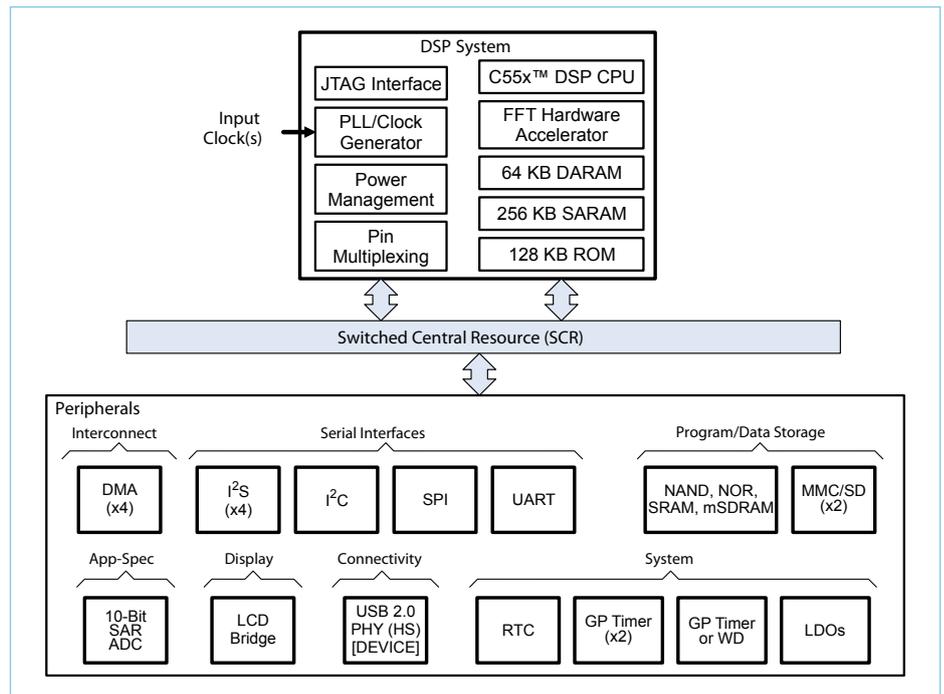


Bild 1. Blockschaltbild des digitalen Signalprozessors TMS320C5515.

eingebunden werden. Über ein standardisiertes API werden die Funktionen der Bibliothek von der Anwendung aufgerufen. Ein mit 128 kbps codierter MP3-Datenstrom benötigt bei Maximalauslastung nicht mehr als 20 Millionen Taktzyklen pro Sekunde.

Der MP3-Algorithmus muss natürlich noch mit einer Datenquelle und einer Daten- senke kommunizieren. Die Datenquelle ist

hier eine SD-Karte, die über die integrierte MMC/SD-Peripherie angesteuert wird. Auch hier kann auf bestehende Software zurückgegriffen werden. Texas Instruments stellt für jede im DSP integrierte Peripherie Softwaretreiber in Form der Chip Support Library (CSL) zur Verfügung [6]. Diese wird mit vollständigem Quellcode, Beispielen und einer bereits kompilierten Bibliothek geliefert. Ähnlich wie die Decoder-Biblio-

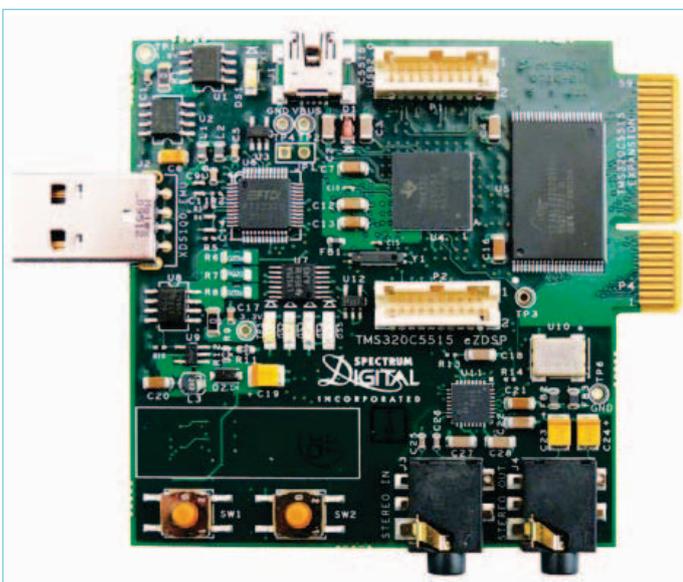


Bild 2. Die Platine des Starterkits enthält alles, was für einen MP3-Spieler an Hardware benötigt wird.

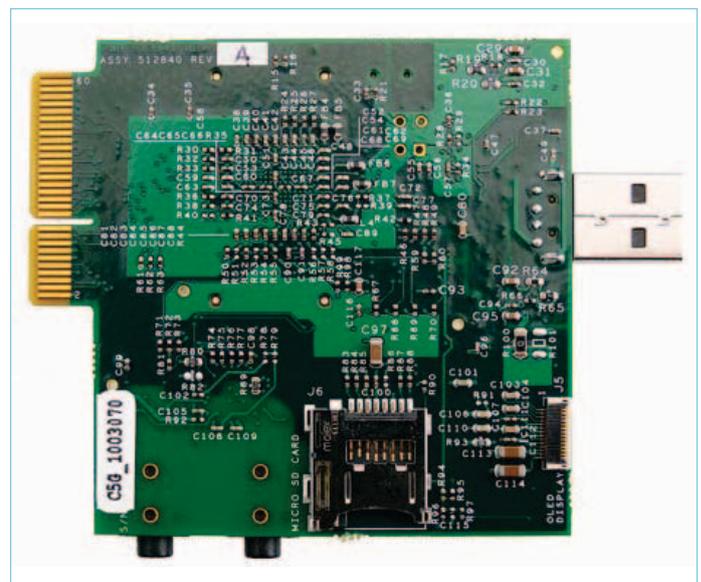


Bild 3. Auf der Platinenunterseite befindet sich der MMC/SD-Kartenhalter.

thek wird auch diese Library in das Softwareprojekt eingebunden.

Eigentlich können die Daten jetzt von der SD-Karte mithilfe der CSL eingelesen werden und dann dem MP3-Algorithmus zur Decodierung zur Verfügung gestellt werden. Eine entscheidende Information fehlt allerdings noch. Wo liegen die Daten auf der SD-Karte? Diese sind mithilfe eines Dateisystems in Dateien und Verzeichnissen organisiert. Gebräuchliche Dateisysteme sind File Allocation Table (FAT) 16, FAT32 oder auch New Technology File System (NTFS). Solch eine Dateisystemsoftware muss, von der Anwendung gesteuert, zwischen SD-Kartentreiber und Decoder integriert werden, um auf die gewünschten Daten zugreifen zu können.

Auch für diese Software braucht man das Rad nicht neu zu erfinden. Im Internet gibt es eine Fülle an Softwareprojekten. Für unser MP3-Projekt kommt ein FAT-Softwarepaket namens *FatFs* [7] zum Einsatz. Diese in C geschriebene Software kann theoretisch auf jedem Prozessor und mit jedem Massenspeichermedium (Festplatte, CD-ROM, SD-Karte) arbeiten. Für die nötige Flexibilität wurden vom Programmierer sogenannte *Stub*-Funktionen (leere Funktionen) vorgesehen. Diese sind mit Programmcode zum Ansteuern der entsprechenden Hardware zu versehen. Das sind in unserem Fall die CSL-Funktionen zum Ansteuern der SD-Karte. In Richtung Anwendung wird von *FatFs* eine Reihe von *High-level*-Funktionen zur Verfügung gestellt, wie beispielsweise *Lese Datei* „*Test.mp3*“. *FatFs* übersetzt diese Aufrufe mithilfe der Parameter des Dateisystems in Adressen und veranlasst einen Lesevorgang auf der SD-Karte über die CSL-Funktionen. Die empfangenen MP3-Daten werden dann von der Anwendung an den MP3-Algorithmus



mus übergeben. Somit ist sichergestellt, dass die SD-Karte die von der Anwendung gewünschten Daten an den MP3-Algorithmus weitergibt.

Nachdem der MP3-Algorithmus ein MP3-Frame decodiert hat, stehen pro Audiokanal immer genau 2*576 (Stereo) 16 bit breite Audiowerte zur Weiterverarbeitung in einem Audiopuffer bereit. Diese können dann über die I2S-Schnittstelle direkt an die Datensenke - hier ist es der Audiowandler TLV320AIC3204 - übergeben werden. Die Anwendung kommuniziert dabei mit dem Audiowandler nur über einen sogenannten „*Device Driver*“. Dieser ermöglicht es, die Datenpuffer bequem mit dem *Low-level*-Treiber (auch *Mini-Driver* genannt) der I2S-Schnittstelle auszutauschen. Ein bereits konsumierter Datenpuffer (Daten bereits über I2S zum Audiowandler gesendet) wird von der Anwendung „zurückgefordert“ (*reclaim*), ein mit neuen Audiodaten gefüllter Audiopuffer kann dem *Mini-Driver* übergeben (*issue*) werden. Das hat zum Ziel, die Anwendung von der Treibersoftware des TLV320AIC3204 zu entkoppeln, da nur mithilfe von Puffern kommuniziert wird. Eine Übersicht der Softwarekomponenten ist in **Bild 4** dargestellt.

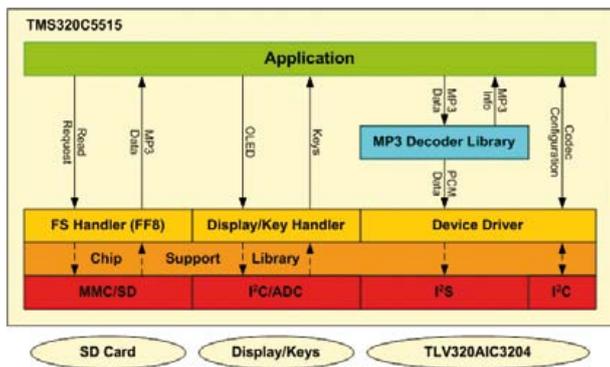


Bild 4. Blockdiagramm der Softwarekomponenten des Projekts.

```

Console x
MP3Dec [Project Debug Session] Texas Instruments XDS100v1 USB Emulator_0/C55xx: CIO (6:16:59 PM)
Choose the device...
0XX - CPLD setup only
1x - NAND Flash [CSx: 2,3,4,5]
2x - NOR Flash [CSx: 2,3,4,5]
3x - SPI EEPROM [x=1: EVM, x=2: USB Stick]
4 - IIC EEPROM
5 - MMC; 6 - SD
2
ChipSelect [2,3,4,5]?
2
Operation to perform...
0 - CPLD setup for this device
1<file> - Program device with <file>
2<file> - Read device data to output <file>
mp3dec.bin
NOR Flash...
Erasing chip (NOR)...
Writing data to device...
Opening mp3dec.bin...
Input file opened
Programming Complete
    
```

Bild 5. Das Beschreiben des NOR-Flashspeichers für die Stand-alone-Verwendung.

Wünschenswert ist oft noch die *post*-Modifizierung des Audiosignals. Auch für diese Aufgabe steht eine Bibliothek bereit, nämlich die TMS320C55x DSP Library [8]. Hier finden sich viele häufig verwendete Signalverarbeitungsalgorithmen wie (adaptive) digitale Filter, FFT oder mathematische Standardfunktionen. Soll nur die Lautstärke geändert oder eine einfache Anpassung des Frequenzspektrums (z.B. Bass Boost) vorgenommen werden, kann der TLV320AIC3204 diese Aufgabe übernehmen. Er hat bereits Hardwareblöcke für IIR- und FIR-Filter integriert. Der DSP wird dadurch

entlastet. Auch die Erzeugung der Abtastfrequenz des Audiosignals übernimmt der Audiowandler mithilfe der integrierten PLL. Gebräuchliche Werte sind zum Beispiel 44,1 kHz oder 48 kHz. Der Audiowandler generiert hier den Bittakt und den Frameakt der I²S-Schnittstelle. Der DSP kann daher mit einer abtastfrequenzunabhängigen Taktrate arbeiten.

Nach der Decodierung des ersten Frames einer MP3-Datei ist die Abtastfrequenz bekannt und wird am Audiowandler über die I²C-Kontrollschnittstelle entsprechend verändert. Dieselbe I²C-Schnittstelle dient auch zur Steuerung des OLED-Displays. Die beiden Tasten werden hier nicht über GPIOs, sondern über einen analogen Eingang des DSP-internen A/D-Wandlers eingelesen. Beide Tasten sind hier parallel geschaltet. So kann auch das Drücken beider Tasten über nur einen Eingangspin detektiert werden.

Download und Anleitung

Das Softwareprojekt kann von der Elektor-Webseite [9] zu diesem Beitrag heruntergeladen werden. Ebenfalls auf dieser Seite findet man eine ausführliche Anleitung für die Installation der Entwicklungsumgebung, das Einbinden und Starten des MP3-Softwareprojekts und die Inbetriebnahme und Bedienung des MP3-Spielers.

Das Softwareprojekt wird nach dem Compilieren direkt auf den NOR-Flashspeicher geschrieben (siehe **Bild 5**). Das Programm sucht auf dem Root-Verzeichnis der SD-Karte nach MP3-Dateien und spielt diese nacheinander ab. Auf dem OLED-Display wird der Name der aktuell abgespielten Datei angezeigt. Die Lautstärke lässt sich mit den beiden Tastern verändern.

Neben der MP3-Bibliothek werden noch Softwarebibliotheken für die Decodierung von Dateien in den Formaten Windows Media Audio 9 (WMA9) und Advanced Audio Coding (AAC) angeboten. Durch das standardisierte API, das alle Audiodecoder haben, können die Algorithmen einfach ausgetauscht werden. Damit wäre sogar ein Multistandard-Player denkbar. Auch der andere Weg, nämlich Audiodaten in Echtzeit zu komprimieren und auf die SD-Karte zu schreiben, ist denkbar. Eine Biblio-

thek für die Codierung eines Audiosignals in das AAC-Format ist ebenfalls verfügbar. Da es sich beim TLV320AIC3204 um einen Codec (Coder/Decoder) handelt, können auch ohne weiteres analoge Eingangssignale digitalisiert werden. Ein Diktiergerät könnte man also ohne Hardwaremodifikationen implementieren. Der Entwickler hat zudem auch noch die Möglichkeit, eigene Hardware an die Erweiterungsschnittstelle der Platine anzuschließen.

Viel Spaß bei der Entwicklung ihres ganz persönlichen MP3-Players!

(100822)

- [1] [Webseite TMS320C5515](http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tms320c5515.html)
- [2] [Webseite Spectrum Digital, Inc.](http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tms320c5515.html)
- [3] [Webseite TMS320C5515 eZDSP USB Stick](http://support.spectrumdigital.com/boards/usbstk5515/revA/)
- [4] [Bezugsquellen TMS320C5515 eZDSP USB Stick:](http://support.spectrumdigital.com/boards/usbstk5515/revA/)
- [5] [Webseite Codecs](http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/tmdx5515ezdsp.html)
- [6] [Webseite TMS320C55x Chip Support Library \(CSL\)](http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/c55xcodecs.html)
- [7] [Webseite FatFs](http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/sprc133.html)
- [8] [Webseite TMS320C55x DSP Library](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)
- [9] [Webseite zum Beitrag in Elektor](http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/sprc100.html)

Der Autor

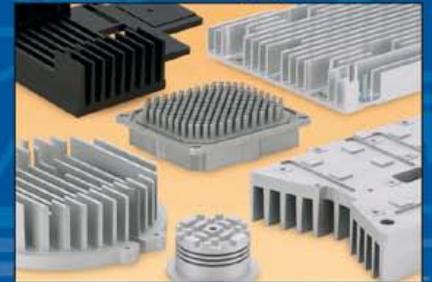
Lars Lotzenburger ist Systems Engineer bei der Texas Instruments Deutschland GmbH in Freising bei München.

Perfektion & Kompetenz

Bearbeitete Strangkühlkörper von

fischer
elektronik →

- umfangreiches Standardprogramm an Kühlprofilen, optimierte Fertigungstechniken
- kundenspezifische Bearbeitungen, Modifikationen und Sonderanfertigungen



Fräsbearbeitung
präzise Fräsbearbeitung von Konturen, Passmaßen und Oberflächen, moderne CNC-Bearbeitungszentren



Montage und Dichtung
profifgeschäumte Dichtungen, Schraubbolzen, Klebeverbindungen, Folien, Klammerbefestigungen



Bedrucken und Gravieren
haus eigene Siebdruckerei, Tampondruck für Konturteile, gravierte Schriften und Symbole

Postfach 1590 D-58465 Lüdenscheid
Nottebohmstraße 28 D-58511 Lüdenscheid
Tel. +49 23 51 4 35-0 Fax +49 23 51 4 57 54
info@fischerelektronik.de
www.fischerelektronik.de

Wir stellen aus:
Embedded World
in Nürnberg
1. - 3. 3. 2011
Halle 12, Stand 552

Richtschall mit Ultraschall

Über 50 Piezo-Schallwandler erzeugen einen Richtstrahl

Von Kazunori Miura (Japan)

Beim Akronym LRAD ist es unglücklicherweise zu einer Assoziation mit den Attacken somalischer Piraten auf Schiffe im Golf von Aden gekommen, denn in diesem Kontext dürfte die Öffentlichkeit zum ersten Mal von Schall als Waffe gehört haben. In unserem Beitrag geht es aber um die Konstruktion eines experimentellen Richtstrahlers mit bis zu 50 m Reichweite aus bis zu 200 PWM-getriebenen Piezo-Schallwandlern.



Aufgrund des Erfolgs ihres LRAD (Long Range Acoustic Device®) änderte die Firma *American Technology Corporation* am 25.3.2010 [1] kurzerhand ihren Namen in *LRAD Corporation*. Im Bereich nichtmilitärischer Anwendungen gibt es von der Firma *Holosonic Research Labs* [2] das *Audio Spotlight*®, das einen sehr scharf gebündelten Schallstrahl generiert und schon in Museen, Ausstellungen und Galerien eingesetzt wird. Wer zum ersten Mal Schall aus einem „parametrischen Lautsprecher“ hört, ist sehr überrascht und reagiert vielleicht sogar ängstlich auf den Effekt. Man hört etwas sehr nahe, obwohl eine dicht neben einem

stehende Person gar nichts hört. Parametrische Lautsprecher-Anordnungen basieren normalerweise auf Ultraschall, wie er zum Beispiel auch für Abstandswarner bei Autos und zur Entfernungsmessung eingesetzt wird. Ein solches Lautsprecher-Array lässt sich sogar mit handelsüblichen Teilen realisieren.

Prinzip parametrischer Lautsprecher

Ein parametrischer Lautsprecher erreicht seine hohe Richtwirkung aufgrund der nahezu lichtwellenartigen Ausbreitung von Ultraschall. Unter Ultraschall versteht

man landläufig Schallfrequenzen über 20 kHz, weil das oberhalb des menschlichen Wahrnehmungsbereichs liegt. Tatsächlich liegt diese Grenze bei Erwachsenen eher bei 14 kHz.

Doch wie können Menschen dann bei Ultraschall etwas hören? Dazu gibt es ein Verfahren, bei dem hörbarer Schall aus zwei Ultraschallquellen entsteht, deren Frequenzen leicht unterschiedlich sind. So können beispielsweise Ultraschallquellen mit 40 kHz und 41 kHz einen (Differenz-)Ton von 1 kHz erzeugen. Wie in **Bild 1** veranschaulicht, entsteht im Überschneidungsbe-

Hinweis: Leserprojekte werden auf der Basis der Informationen veröffentlicht, die vom Autor zur Verfügung gestellt werden. Auch wenn die Schaltungen und andere Abbildungen im Elektor-Stil gehalten sind, bedeutet dies nicht, dass die für die Überprüfung der Reproduzierbarkeit und Funktionsfähigkeit erforderlichen Tests im Elektor-Labor absolviert wurden.

reich zweier Ultraschallwellen ein hörbarer Ton. Der größte Nachteil des Verfahrens ist die relativ geringe Lautstärke des hörbaren Schalls. Man kann damit also im Gegensatz zu einem LRAD niemanden schocken oder handlungsunfähig machen. Andere Verfahren sind AM (Amplitudenmodulation), DSB (Double Sideband Modulation), SSB (Single Sideband Modulation) und FM (Frequenzmodulation), die alle mit Hilfe eines parametrischen Lautsprecher-Arrays arbeiten. Ultraschall führt bei einem Pegel von mehr als 110 dB zu Unregelmäßigkeiten, da relativ viel Luft bewegt wird. Gerade aufgrund der dabei auftretenden Nichtlinearitäten entsteht hörbarer Schall quasi wie

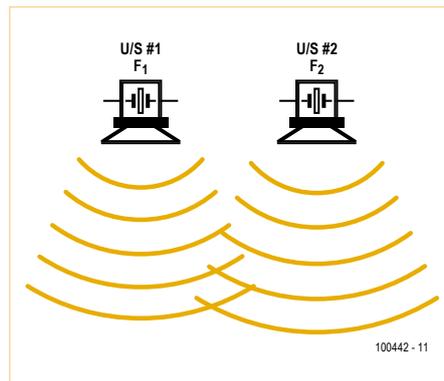


Bild 1. Wo sich die Ultraschallwellen der Quellen mit den Frequenzen F1 und F2 überschneiden, da entsteht der hörbare Schall $F3 = |F1 - F2|$.

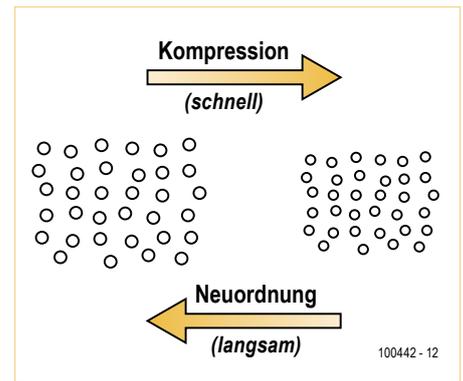


Bild 2. Schockwellen entstehen, wenn Luftmoleküle auf dem Weg zu ihrer Ausgangsposition mit Molekülen gerade komprimierter Luft kollidieren.

aus dem Nichts. Aus diesem Grund weist aber der hörbare Schall auch Verzerrungen auf, was für eine Benutzerführung

wie zum Beispiel in einem Museum natürlich unerwünscht ist. Die Hersteller rücken diesem Problem typischerweise mit DSPs

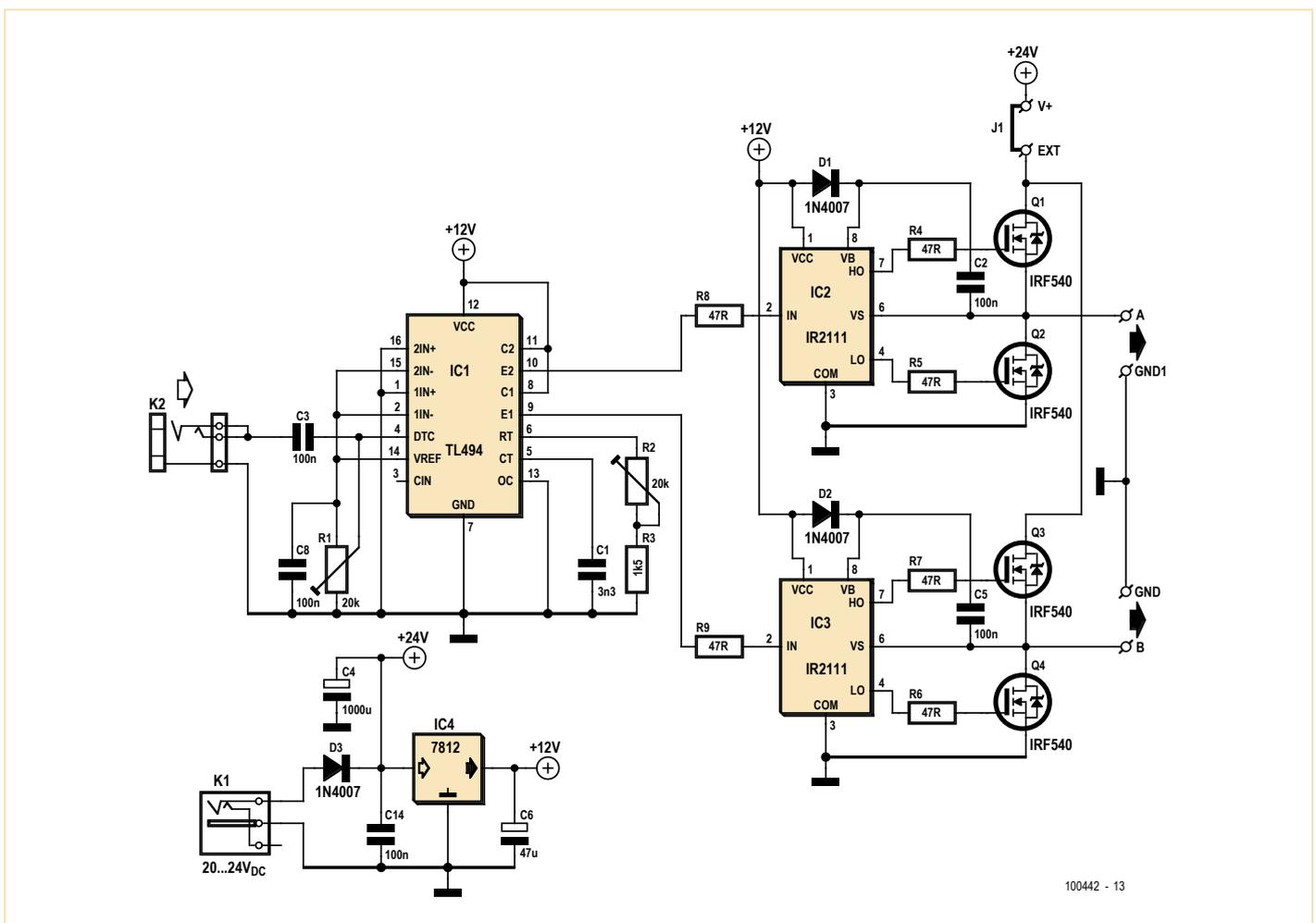


Bild 3. Schaltbild des PWM-Leistungstreibers für den parametrischen Ultraschall-Lautsprecher. Das Audio-Signal wird an K2 zugeführt. Kanal B ist optional.

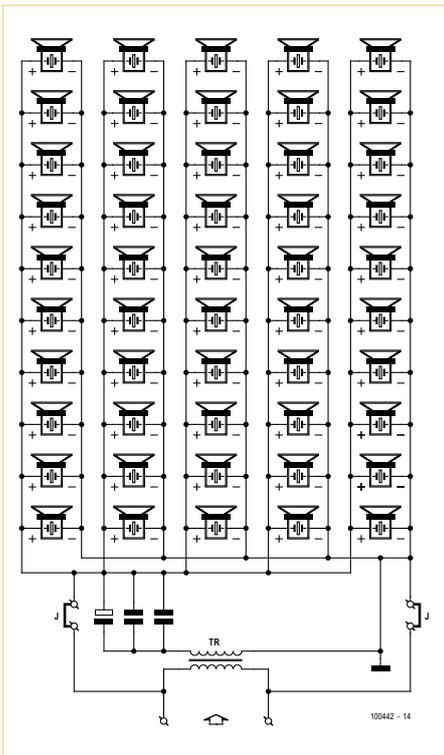


Bild 4. Die Mini-Version eines Richtstrahlers kommt mit „nur“ 50 Ultraschallwandlern aus. Aufwärtstrafo und zusätzliche Kondensatoren zur Resonanzabstimmung sind optional. Der PWM-Treiber eignet sich für den Anschluss von bis zu 200 Schallwandlern.

zu Leibe und verwenden ganz spezielle Lautsprecherkonfigurationen. Die Nichtlinearitäten verdanken ihre Existenz dem Phänomen, das sich Luft schneller komprimieren als wieder entspannen lässt (Bild 2). Wenn Schalldruck und Frequenz hoch genug sind, können Schockwellen entstehen, wenn sich entspannende Moleküle mit gerade komprimierten Molekülen kollidieren. Letztlich wird der wahrnehmbare Schall von den Molekülen produziert, die sich nicht schnell genug entspannen. Mit steigender Frequenz nehmen auch die Nichtlinearitäten durch diese Art von „Luftviskosität“ zu.

Es gibt noch einen anderen Grund für die starke Richtwirkung des Schalls einer parametrischen Lautsprecheranordnung: Die Ultraschallwelle wird ja durch eine große Anzahl von kleinen Lautsprechern (Transducern) erzeugt. Derartige Piezo-Schallwandler werden vielfach als Sender und Empfänger von Ultraschall bei Anwendungen wie Einparkhilfen verwendet. Ein solcher Piezo-



Bild 5. Eine einstellbare Spule mit Ferrit-Kern dient zur Einstellung einer Serienresonanz bei 40 kHz mit den kapazitiven Schallwandlern. Diese Maßnahme erlaubt niedrige Betriebsspannungen.

Transducer alleine hat keine besonders große Richtwirkung. Der erwünschte Richteffekt wird durch die Vielzahl an Wandlern herbeigeführt, die auf einer Ebene montiert sind. Dieser Effekt ist essentiell für die Konstruktion einer Schallquelle mit Richtwirkung.

Parametrischer Zweikanal-Lautsprecher-Modulator

DSB-Modulation lässt sich sehr einfach mit Hilfe von Analogschaltern erreichen. FM hat einen ähnlichen Effekt, wenn man berücksichtigt, wie Ultraschall Luft komprimiert und interagiert.

Der Autor versuchte es zuerst mit einem DSB-Modulator. Ergebnis: Ordentliche Lautstärke bei starken Verzerrungen. Das Prinzip würde sich eher für Schallwaffen eignen. Als Nächstes wurde ein PWM-System getestet. Gemessen am Ergebnis ähnelt dies dem FM-Verfahren. Der hörbare Schall war weniger laut, aber von besserer Qualität. Ein PWM-Modulator ist so etwas wie ein Klasse-D-

Verstärker ohne Tiefpassfilter am Ausgang! Bild 3 zeigt die Schaltung eines 2-Kanal-PWM-Modulators. Es waren keine speziellen Bauteile notwendig. Das vielfach in Schaltnetzteilen eingesetzte PWM-IC TL494 und die Halbbrücken-MOSFET-Treiber IR2111 werden in ihrer Standard-Beschaltung betrieben. Die Frequenz des internen Oszillators des TL494 wird durch Trimpoti R2 und C1 bestimmt. Die Basis-Pulsbreite wird mit R1 eingestellt. Mit R1 und R2 muss man dann auf optimale Modulation abgleichen.

Am Audio-Eingang K2 sollte ein niederohmiges und hochpegeliges Signal wie von einem Lautsprecher-Ausgang eines Verstärkers und nicht etwa „Line“-Pegel anliegen. An die beiden Ausgänge A und B werden je ein Array aus Piezo-Transducern angeschlossen, optional über eine Spule (dazu nachfolgend mehr). Jeder Kanal kann bis zu 200 Transducer treiben. Die normale Betriebsspannung an K1 liegt bei 20...24 V. Die FET-Stufen können via EXT-Anschluss von einer externen Spannungsquelle versorgt werden, wenn die Drahtverbindung J1 entfernt ist. Abhängig von der Versorgungsspannung (manche Transducer-Typen vertragen bis zu 60 V_{SS}) müssen die IRF540-FETs auf Kühlkörper montiert werden. Die Schaltung des Lautsprecher-Arrays Bild 4 ist zwar groß, aber simpel. Gezeigt ist die Mini-Version für einen Kanal mit 50 Transducern.

Lautsprecher+Induktivitäten

Es existieren unterschiedliche Arten von Ultraschall-Transducern. Der Autor verwendete Exemplare mit einem Durchmesser von 16 mm, die für Frequenzen von 40 kHz und 28 kHz spezifiziert sind. Für einen Lautsprecher benötigt man mindestens 50 Transducer pro Kanal. Anwendungen außerhalb geschlossener Räume erfordern sicherlich mehr als 100 Transducer pro Kanal. Die Anordnung der Lautsprecher ist Präzisionsarbeit: Bei 40 kHz beträgt der Abstand von Wellenberg zu Wellental gerade einmal 4,3 mm. Ein Positionierungsfehler von 1 mm sorgt also schon für Lautstärkeeinbußen.

Ultraschallwandler bestehen aus piezoelektrischer Keramik. Wenn man eine Spannung

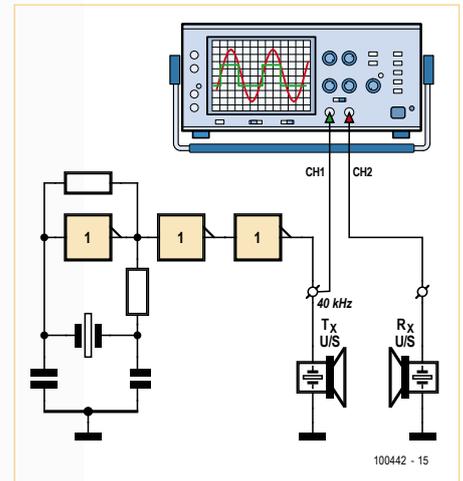
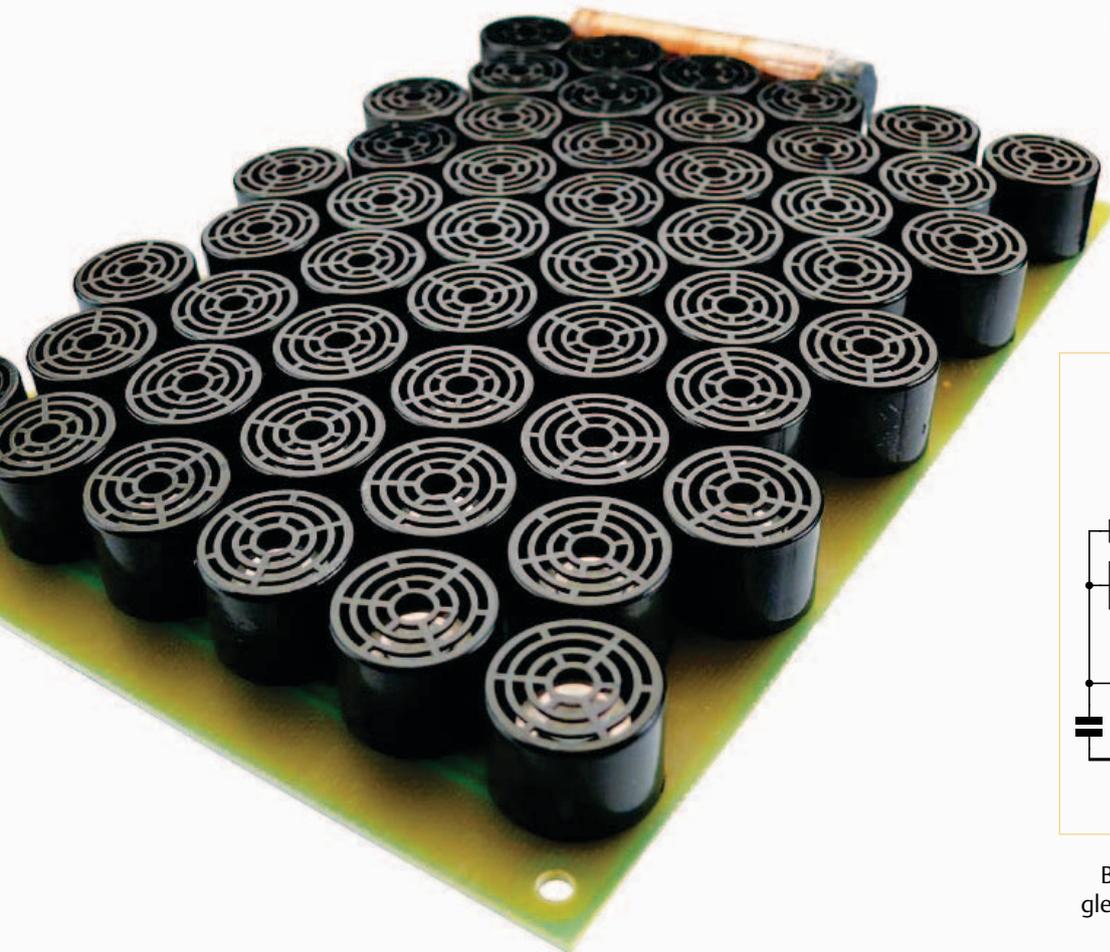


Bild 6. Testanordnung zur Erzielung gleicher Polarität für alle Schallwandler.

anlegt, biegt sich die eingebaute Piezo-Folie entsprechend durch. Eine Wechselspannung passender Frequenz sorgt somit für Ultraschall. Normalerweise erzielt ein Transducer bei einer Wechselspannung von 10...20 V_{eff} (28...56 V_{SS}) etwa 105–120 dB in 30 cm Entfernung. Das führt zur Frage, mit welcher Spannung der Modulator arbeiten soll. Elektrisch verhält sich ein Piezo-Transducer wie ein Kondensator. Er kann also gut Teil eines Serienschwingkreises sein, indem man ihn in Serie zu einer Spule legt. Wenn die Spule so ausgelegt ist, dass sich bei 40 kHz das Maximum der Serienresonanz ergibt, dann kommt man mit einer relativ geringen Betriebsspannung aus. Ein hochtransformierender Ausgangstrafo ist ein anderer Weg, dank Resonanz mit geringen Betriebsspannungen hohe Spannungen am Transducer zu erzeugen.

Die Resonanzfrequenz f_r errechnet sich zu

$$f_r = 1 / (2 \pi \sqrt{LC})$$

Ein Transducer hat eine Kapazität zwischen 2 nF und 3 nF. Bei 50 Transducern kommt man auf eine Gesamtkapazität von 0,1...0,15 µF. Resonanz ergibt sich dann bei Induktivitäten im Bereich von 100...160 µH. Für beste Ergebnisse muss eine Feinabstimmung der Resonanz vorgenommen werden,

was dem Autor mit einer Spule aus Kupferlackdraht und einem einstellbaren Ferritkern (siehe Bild 5) gelang. Bei 200 Transducern und der dann benötigten Induktivität im Bereich von 25...40 µH waren 55 Windungen notwendig.

Bei jedem Transducer muss man individuell die Polarität überprüfen. Hierzu verwendet man einen Oszillator und ein Zweikanal-Oszilloskop wie in Bild 6. Ein Transducer wird am Oszillator mit einem 40-kHz-Signal betrieben, das auch an Kanal A gelegt wird. Der zweite, an Kanal B angeschlossene Transducer dient als Mikrofon. Nun kann man bei konstantem Abstand alle Transducer auf gleiche Polarität testen (siehe Bild 7).

Spa mit dem parametrischen Lautsprecher

Es soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass dieses Projekt rein experimenteller Natur ist. Damit kann man viele Effekte selbst ausprobieren. Man schließe ein Audio-Signal an den Eingang an und schalte den Modulator ein. Dann hört man ein nicht zu lautes Schallsignal aus dem Array. Nun justiert man vorsichtig R1 und R2 auf optimale Tonqualität. Der abgestrahlte hörbare Schall sollte stark gerichtet sein, selbst wenn nur ein Lautsprecher-

Array angeschlossen ist. Der Autor erzielte mit seinem System aus zwei 200-Transducer-Arrays immerhin eine Reichweite von stolzen 50 Metern!

(100442)

[1] www.lradx.com

[2] www.holosonics.com

Achtung — Verletzungsgefahr!
Es muss sichergestellt werden, dass niemand längere Zeit Ultraschall mit hohen Pegeln ausgesetzt ist.

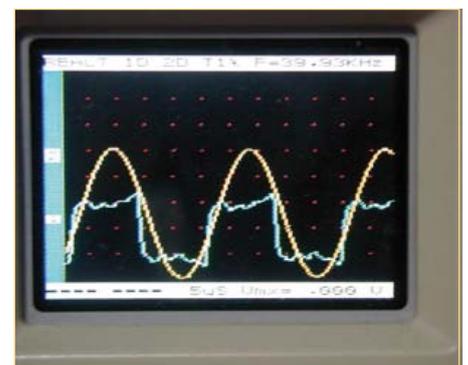


Bild 7. Bildschirm des Oszilloskops bei korrekter Polarität des Schallwandlers.

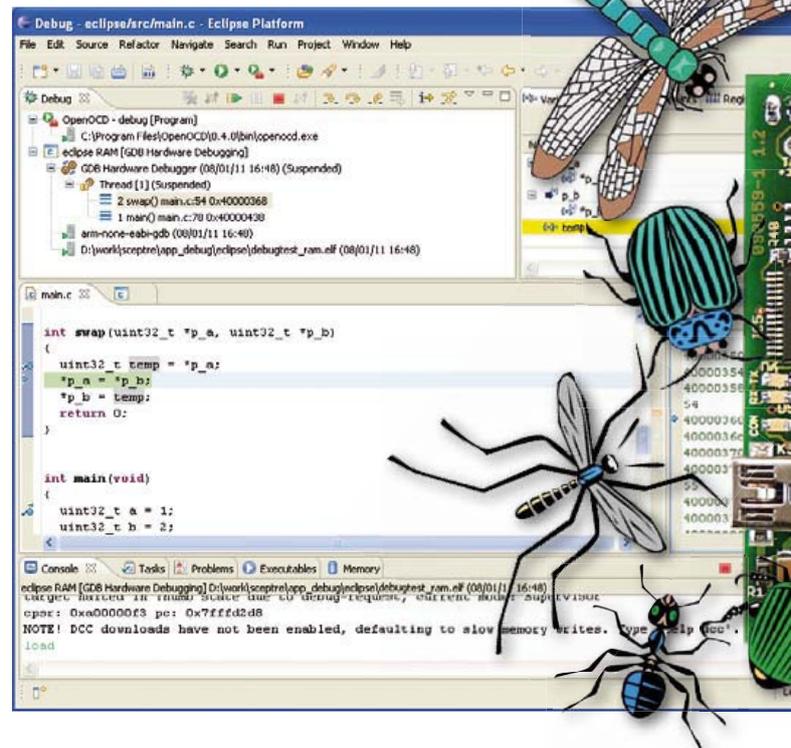
Zepter: Debuggen über JTAG

Von Clemens Valens (Redaktion F)

Einfache Mikrocontroller-Programme können mit einfachen Mitteln entwickelt werden, doch bei komplexer Software sind die Grenzen hiermit schnell erreicht. Der Programmspeicher unseres Rapid-Prototyping-Systems „Zepter“ fasst 512 KB. Er ist nur effizient nutzbar, wenn die passenden Werkzeuge verfügbar sind. Dazu gehören ein guter Debugger und ein Tool, mit dem das Zielprogramm schnell und sicher in den Mikrocontroller übertragen werden kann. Die Produkte spezialisierter Software-Häuser, die meistens mehrere tausend Euro kosten, sind auf professionelle Entwicklungslabors zugeschnitten. Der Faktor Zeit hat dort ein höheres Gewicht als einmalige Investitionen. Kleinere Unternehmen und nicht professionelle Anwender müssen anders kalkulieren, sie können zu einer Lösung greifen, wie sie hier beschrieben wird.

Für unser „Zepter“ [1] und andere Systeme mit ARM-Controller (und nicht nur diese!) heißt die Lösung JTAG. Der JTAG-Anschluss mit 2 · 10 Kontakten ist inzwischen zum Standard vieler Hersteller geworden. Elektor hat sich dem Standard angeschlossen, die Schnittstellenkarte „InterZepter“ vom Juni 2010 und der „Motoren-Prüfstand für Modellbau-Verbrennungsmotoren“ vom April 2009 sind zwei Beispiele. Über die JTAG-Schnittstelle können nicht nur die Hard- und Software getestet und debugged werden, auch das Beschreiben des Flash-Speichers ist möglich.

In diesem Beitrag geht es um das Debuggen der Software über den JTAG-Bus. Der Blick ist zwar auf unser System „Zepter“ mit dem LPC2148 von NXP und ARM7TDMI-S-Kern gerichtet, die beschrittenen Wege sind jedoch auf andere Systeme übertragbar. Meistens müssen nur einige Konfigurationsdateien angepasst werden. Die verwendeten Tools heißen **GDB** [2] und **OpenOCD** [3]. Das erstgenannte Tool ist der Open-Source-Debugger *GNU Project Debugger*, das zweite Tool, ebenfalls Open-Source, ist der *Open On-Chip*



Debugger, er arbeitet auf einer tieferen Ebene. Zum Debuggen eines „Zepter“-Programms werden beide Tools benötigt. Nachdem die grundlegenden Schritte getan sind, kommt eine grafische Oberfläche hinzu, die das Arbeiten komfortabel gestaltet. Doch bevor es so weit ist, liegt ein Stück Weg vor uns. Wir wollen beim Kommando-prompt beginnen.

OpenOCD und GDB

Die Installation einer Debug-Umgebung, die auf GDB und OpenOCD aufbaut, ist auf den ersten Blick (und auch auf den zweiten!) nicht ganz einfach. Wir beginnen deshalb mit möglichst kleinen Schritten. In **Bild 1** ist die Kette der Komponenten blockschematisch dargestellt. Der erste Block ist das Mikrocontroller-System, beispielsweise das „Zepter“, montiert auf der „InterZepter“-Schnittstellenkarte. Danach folgt der JTAG-Adapter, auch „JTAG-Pod“ genannt. Ein JTAG-Pod konvertiert die Signale des JTAG-Busses, so dass dieser mit einem PC (USB- oder Parallel-Port) verbunden werden kann. Gesteuert wird der

Elektor-Angebote

- Testprojekt (kostenloser Download): 100810-11.zip
- Zepter (bestückte Platine): EPS 090559-91
- InterZepter (Bausatz): EPS 100174-71

- Webseite zu diesem Artikel: www.elektor.de/100810/
- Blog: <http://elektorembdedded.blogspot.com/>

Mit OpenOCD, GDB, Insight und Eclipse für Windows

wieder neu gestartet werden. Durch das Aufteilen in Server und Client haben Programmabstürze weniger dramatische Folgen. Die Architektur erlaubt sogar, dass der GDB-Server auf dem Mikrocontroller-System läuft, allerdings muss die Firmware zu diesem Zweck weiter entwickelt werden.

In Tool-Sammlungen zum Programmieren von ARM-Mikrocontrollern wie WinARM (siehe [1]) und Yagarto [5] ist eine Version von GDB für Windows enthalten. OpenOCD von Dominic Rath macht in seiner Originalversion von FTDI-Bibliotheken Gebrauch, die nicht unter die GPL-Lizenz fallen. Aus diesem Grund fehlt OpenOCD in Yagarto, WinARM enthält eine alte Version. Inzwischen hat ein Programmierer mit dem Namen Freddi Chopin eine Version für Windows geschrieben, die vollständig unter die GPL-Lizenz fällt. Nach Downloaden und Installieren des Programms OpenOCD 0.4.0 (das ist die neueste Version) von Freddi Chopin [6] können Sie sofort beginnen!

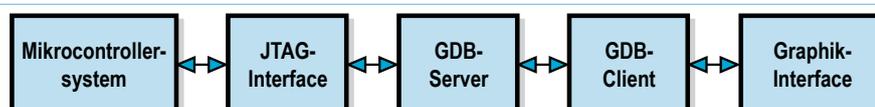
JTAG-Pod

Im Marktsegment der JTAG-Pods sind etliche Elektronik-Unternehmen aktiv, in der Vergangenheit haben sie mehr oder weniger leistungsstarke JTAG-Pods herausgebracht. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist die Übertragungsgeschwindigkeit auf dem JTAG-Bus, wobei hohe Geschwindigkeiten mehr Bedienkomfort beim Debuggen bedeuten. Einige JTAG-Pods können Mikrocontroller programmieren, anderen JTAG-Pods fehlt diese Fähigkeit. Vor dem Erwerb eines JTAG-Pods einschließlich aller Optionen ist es vielleicht wichtig zu wissen, dass OpenOCD viele Mikrocontroller- und Flash-Speicher-Typen programmieren kann. Das „Zepter“-System gehört dazu, die erreichbare Geschwindigkeit ist beachtlich, doch sie hängt natürlich vom JTAG-Pod ab. JTAG-Pods mit Programmieroption sind für die Fertigung kleinerer und größerer Serien gut geeignet.

Die Geschwindigkeit des JTAG-Pods hat auf die Debug-Geschwindigkeit maßgeblichen Einfluss. Bei jeder JTAG-Operation müssen viele Bits bewegt werden, und bei jedem Debug-Auftrag sind diverse JTAG-Operationen auszuführen. Zwischen einem JTAG-Pod mit der Taktfrequenz 5 kHz auf dem Parallelport und einem anderen Modell, das über USB die Taktfrequenz 6 MHz erreicht, liegen Welten. Wir haben drei JTAG-Pods erprobt: Eine einfache Ausführung für den Parallelport-Anschluss, die mit *Wiggler* [4] vergleichbar ist, den verbreiteten USB-JTAG-Pod *ARM-USB-OCD* von Olimex [7] sowie den *J-Link Edu* von Segger [8], eine abgemagerte, nicht kommerzielle Version der professionellen JTAG-Pods aus gleichem Haus.

JTAG-Pod von einem GDB-Server, einem Programm, das die Debug-Kommandos der oberen Ebene in JTAG-Operationen der unteren Ebene übersetzt. Als GDB-Server dient hier das Programm OpenOCD. Der GDB-Client ist das Programm GDB, er sendet Debug-Anforderungen zum Server und verarbeitet die empfangenen Antworten. Das letzte Glied der Kette ist eine grafische Oberfläche, die das Senden der Debug-Kommandos und das übersichtliche Darstellen der Ergebnisse übernimmt.

Es mag ungewöhnlich erscheinen, dass der Debugger in Server und Client aufgespalten ist, doch das hat seinen Grund. Wenn ein Programm, das debugged werden soll, und ein Debugger auf dem gleichen System parallel laufen, besteht die Gefahr, dass ein Bug im Programm das gesamte System zum Absturz bringt. In diesem Fall würden nicht nur alle Debug-Informationen verloren gehen, auch alle anderen nicht gespeicherten Daten wären nicht mehr vorhanden. Das System müsste immer



100810 - 11

Bild 1. Komponenten der GDB-Debug-Umgebung für das „Zepter“-System.

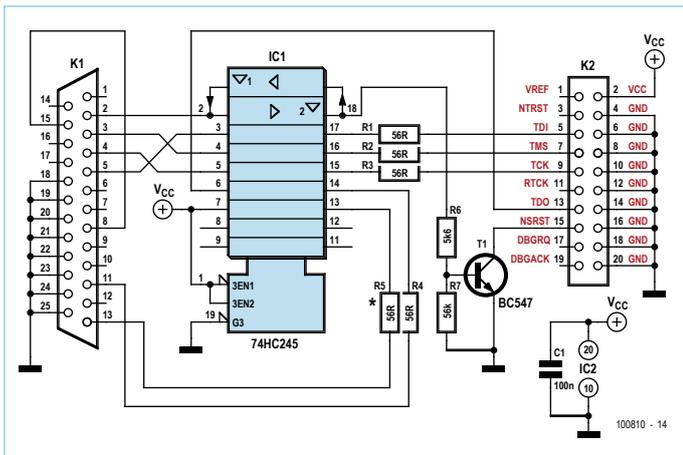


Bild 2. Schaltung eines JTAG-Pod für den Parallelport, der dem „Wiggler“ nachempfunden wurde. Widerstand R5 ist nicht obligatorisch.

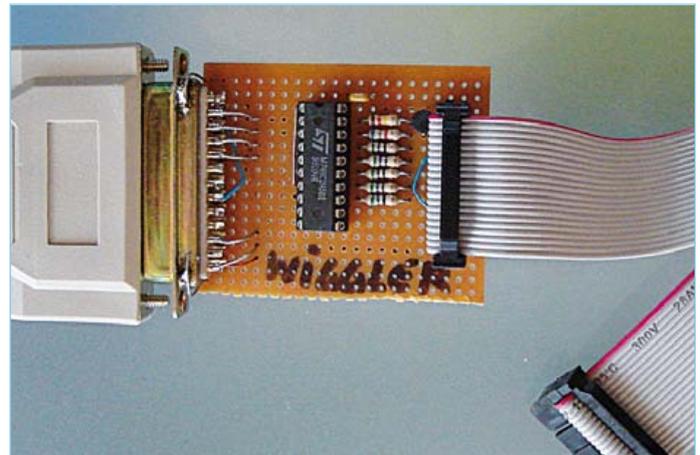


Bild 3. Unsere „Wiggler“-Variante, aufgebaut auf einer Experimentierplatine.

Der Eigenbau einer Wiggler-Variante (**Bild 2 und 3**) ist nicht schwierig, allerdings erfordert die niedrige Geschwindigkeit viel Geduld. Ein Testprogramm wurde mit 957 bit/s geladen, während die Geschwindigkeit mit dem JTAG-Pod von Olimex bei 19 KB/s lag. Das Ausführen einer einfachen Anweisungszeile in C dauerte ungefähr drei Sekunden. Der Parallelport muss unbedingt auf die Betriebsart „EPP“ eingestellt sein.

Der *J-Link Edu* von Segger wird von einem eigenen GDB-Server gesteuert, der nicht vollständig kompatibel mit OpenOCD ist und einige abweichende Kommandos kennt. OpenOCD kann zwar mit einem J-Link-Interface zusammenarbeiten, doch leider ist uns dies mit *J-Link Edu* nicht gelungen. Weil sich dieser Beitrag ausschließlich mit Open-Source-Software beschäftigt, haben wir den Einsatz des *J-Link Edu* nicht weiter untersucht. Alle folgenden Schritte haben wir mit dem JTAG-Pod *ARM-USB-OCD* von Olimex durchgeführt.

Kommandozeilenmodus

Vergewissern Sie sich, dass Windows OpenOCD und GDB auf Ihrer Festplatte finden kann. Verbinden Sie Ihren JTAG-Pod mit dem PC und dem Mikrocontroller-System, öffnen Sie ein Kommandozeilenfenster („Eingabeaufforderung“) und starten Sie OpenOCD wie folgt:

```
openocd -f interface/olimex-arm-usb-ocd.cfg -f board/elektor_sceptre.cfg
```

Die angegebenen CFG-Dateien hängen von der verwendeten Hardware ab, hier sind es der *ARM-USB-OCD-Pod* von Olimex und unser „Zepter“, das auf einer „InterZepter“-Karte montiert ist. Öffnen Sie ein zweites Kommandozeilenfenster und starten Sie GDB:

```
arm-none-eabi-gdb
```

Jetzt sind einige Kommandos auszuführen, um GDB und OpenOCD miteinander zu koppeln und die ausführbare Datei in das RAM des Mikrocontrollers zu laden (hier soll ein Programm im RAM debugged werden). Die Kommandos müssen unter GDB nach dem Prompt (gdb) eingegeben werden:

```
(gdb) target remote localhost:3333
```

Dieses vielleicht ungewohnte Kommando teilt GDB mit, dass ein Ziel (target) aus der Entfernung (remote) debugged werden soll, das mit dem PC (localhost) verbunden ist. Wenn für OpenOCD Port 3333 (Standardeinstellung) geöffnet ist, erscheint im Fenster von OCD eine Meldung des Typs Info mit dem Text accepting 'gdb' connection from 0 (**Bild 4**). Die Meldung bedeutet, dass GDB und OpenOCD von nun an miteinander kommunizieren können.

Bevor das ausführbare Programm in den Mikrocontroller geladen werden kann, muss der Mikrocontroller angehalten werden. GDB kann den Mikrocontroller nur über OpenOCD mit dem Kommando monitor stoppen:

```
(gdb) monitor reset halt
```

Nach korrekter Ausführung dieses Kommandos, bei dem auf reset ein halt folgt, befindet sich der Mikrocontroller im inaktiven Zustand. Prüfen Sie, ob GDB und OpenOCD diesen Zustand mit der Meldung target state: halted quittieren. Wenn das zutrifft, können Sie die ausführbare Datei in GDB und (falls nötig) in den Mikrocontroller laden:

```
(gdb) file test_ram.elf
(gdb) load
```

Das erste Kommando liest die Datei, mit dem zweiten wird es in das RAM des Mikrocontrollers geladen. Beachten Sie, dass das Kommando load nicht ausgeführt werden muss, wenn das Programm bereits im Flash-Speicher steht. Nebenbei bemerkt: Es ist uns nicht gelungen, ein Programm im RAM zu debuggen, nachdem ein anderes Programm in den Flash-Speicher geladen wurde.

Die ausführbare Datei ist vom Typ .elf (nicht .hex oder .bin!), weil GDB ergänzende Informationen benötigt. Für ein effizientes Debuggen muss das Programm mit einer Debug-Option kompiliert werden. Die Option fügt in die ausführbare Datei ergänzende Informationen ein, unter anderem die Namen der Variablen und Funktionen. Das makefile bietet für den C-Compiler GCC die Option

```

C:\work\zepter\app_debug>ocd
Open On-Chip Debugger 0.4.0 (2010-02-22-19:05)
Licensed under GNU GPL v2
For bug reports, read
  http://openocd.berlios.de/doc/doxygen/bugs.html
BLCK - adaptive
jtag reset delay: 2000
jtag reset delay: 2000
reset_and_start_sram_pulls_test sram_gates_jtag tpat_push_pull sram_open_drain
Info : JTAG tap: lpc2148.cpu tap/device found: 0x4f10f0f0 (cfg: 0x287, part: 0xf
i1f, ver: 0x4)
Info : Embedded ICE version 4
Info : lpc2148.cpu: hardware has 2 breakpoint/watchpoint units
Info : accepting 'gdb' connection from 0
Warn : acknowledgment received, but no packet pending
Fast memory access is enabled
Info : JTAG tap: lpc2148.cpu tap/device found: 0x4f10f0f0 (cfg: 0x287, part: 0xf
i1f, ver: 0x4)
Warn : sram pulls test - can not reset into halted mode. Issuing halt after rese
target states: halted
target halted in Thumb state due to debug-request, current mode: Supervisor
cpu: 0x40000000 pc: 0x7fffd2d6
Warn : MCF5445 BCC downloads have not been enabled, defaulting to slow memory writ
er. Type 'help dcc'.
  
```

Bild 4. Meldungen von OpenOCD nach der Kopplung mit GDB. Die wichtigen Informationen sind hier rot dargestellt.

```

(gdb) load
Loading section .reset, size 0x190 lma 0x40000000
Loading section .text, size 0xa98 lma 0x400001d0
Start address: 0x40000000, load size 3112
Transfer rate: 19 KB/sec, 1556 bytes/write.
(gdb) s
.reset () at src/startup.s:114
114      nop
(gdb) w
115      nop
(gdb)
116      nop
(gdb)
117      nop
(gdb)
118      nop
(gdb) info breakpoints
Num   Type             Disp Enb Address      What
--   --
1     breakpoint      keep  y   0x4000039e in main at src/main.c:62
(gdb) c
Continuing.
Breakpoint 1, main () at src/main.c:62
62      uint32_t a = 1;
(gdb)
  
```

Bild 5. Debuggen im Kommandozeilenmodus mit GDB.

-gdwarf-2 an, sie bedeutet, dass der Compiler die Debug-Informationen im Format Dwarf 2 zur ausführbaren Datei hinzufügt. Anhand dieser Informationen kann beispielsweise das Kommando `step` den Quellcode an der Stelle wiedergeben, an der sich das Programm befindet.

Lassen Sie das Kommando `step` mehrfach durch wiederholtes Eingeben ausführen (wenn das letzte Kommando wiederholt werden soll, genügt ein Druck auf die Taste <Enter>):

```
(gdb) step
```

Nach jedem `step` zeigt GDB die Programmzeile mit der nächsten Instruktion an, die der Mikrocontroller auszuführen hat. Auch die Zeile selbst und ein eventueller Kommentar werden angezeigt.

Nach Starten einer Debug-Sitzung ist der Anfang des Programmcodes das Ziel der Debug-Aktionen. In der Regel steht dort ein Programmteil, der das Mikrocontroller-System initialisiert, meistens ist er in Assembler geschrieben. Ein direkter Sprung zum Hauptprogramm `main` ist möglich, wenn am Anfang von `main` ein Breakpoint steht und folgende Kommandos ausgeführt werden:

```
(gdb) break main
(gdb) continue
```

GDB gibt eine Meldung dieses Typs zurück:

```
Breakpoint 1, main () at src/main.c:73
```

Aus **Bild 5** geht hervor, dass GDB an der gewünschten Stelle im Programmcode angekommen ist.

Die vorstehenden Aktionen müssen beim Start jeder Debug-Sitzung durchgeführt werden. Das wiederholte Eintippen der Kommandos erübrigt sich, wenn eine Kommandodatei (Skript) erstellt wird. Dann führt GDB die darin stehenden Kommandos selbstständig aus. Nach dem Start prüft GDB, ob eine Datei mit dem Namen `.gdbinit` vorhanden ist. Wenn sie existiert, wird die Kommando-Liste abgearbeitet. Mit der Option `-command` kann die Datei auch anders benannt werden, wie dieses Beispiel zeigt:

```
arm-none-eabi-gdb -command gdb_cmd.txt
```

Kalkulieren Sie ein, dass das Abarbeiten von Skriptdateien nicht immer unproblematisch ist, möglicherweise weil die Kommandos in zu schneller Folge ausgeführt werden. In solchen Fällen können Sie GDB mit <Ctrl><C> unterbrechen und den Mikrocontroller mit `monitor reset halt` anhalten. Falls es sich um ein Programm im RAM handelt, können Sie es mit `load` neu laden.

Nach dem Sprung zum Anfang des Hauptprogramms kann das eigentliche Debuggen beginnen. Jetzt ist der richtige Zeitpunkt gekommen, um Breakpoints zu setzen und die Variablen, Register, Speicherinhalte und gegebenenfalls auch den Stack zu betrachten. Leider ist die Anzahl der Hardware-Breakpoints (sie werden von der Hardware verwaltet) eng begrenzt. Der Mikrocontroller LPC2148 des „Zepter“ stellt nur zwei Hardware-Breakpoints zur Verfügung. Deshalb ist es meistens von Vorteil, das Programm im flüchtigen RAM zu debuggen. In diesem Fall können Software-Breakpoints gesetzt werden, die von GDB verwaltet werden. Die Anzahl der Software-Breakpoints ist prinzipiell unbegrenzt.

Wenn die Programmlänge die Kapazität des RAM übersteigt (der Mikrocontroller des „Zepter“ hält nur 32 KB RAM für Programm und Daten bereit), muss das Programm in den Flash-Speicher geladen werden. Das Setzen von Software-Breakpoints ist dann nicht möglich. Für solche Situationen bieten einige JTAG-Pods das Setzen simulierter Hardware-Breakpoints an, beim *J-Link Edu* von Segger ist die Anzahl sogar unbegrenzt.

Die beim Debuggen am häufigsten vorkommenden Kommandos dürften `step`, `next`, `finish`, `continue`, `break`, `delete`, `list` und `print` sein. Eine Übersicht der wichtigsten Kommandos und ihre Kurzbeschreibungen haben wir in **Tabelle 1** zusammengestellt. Weil der Platz begrenzt ist, können dort nicht sämtliche Optionen aufgeführt werden. Die meisten Kommandos sind durch Parameter modifizierbar, einige nicht relevante Kommandos haben wir weggelassen. Im Internet gibt es diverse, auf GDB bezogene Websites, fehlende Informationen können diesen Websites entnommen werden. Beachten Sie, dass GDB in mehreren Versionen existiert, die untereinander nicht immer vollständig kompatibel sind. Einige Versionen arbeiten mit einer Syntax, die von der Syntax anderer Ver-

Tabelle 1. Kurzbeschreibungen der häufigsten GDB-Kommandos. Fast alle Kommandos können durch Anhängen von Parametern modifiziert werden. Auskunft geben die Hilfe von GDB oder das Internet.

Kommando	Beschreibung
<code>apropos</code>	Ermöglicht die Suche nach einem Stichwort.
<code>backtrace (bt)</code>	Gibt den aktuellen Ort im Programm und das zugehörige Element im Stack an.
<code>break (b)</code>	Setzt einen Breakpoint, zum Beispiel <code>break main</code> .
<code>clear</code>	Entfernt einen Breakpoint.
<code>continue (c)</code>	Setzt die Programmausführung fort. Die Eingabe von <code><ctrl><c></code> stoppt die Programmausführung.
<code>delete (d)</code>	Entfernt einen, mehrere oder alle Breakpoints.
<code>finish</code>	Beendet die laufende Subroutine.
<code>help (h)</code>	Hilfe zu GDB. Wenn auf <code>help</code> ein Kommando folgt, bezieht sich die Hilfe auf das Kommando. Beispiel: <code>help print</code> .
<code>info (i)</code>	Informiert über ein Objekt, mit optionalem Parameter. Nach Eingabe von <code>info sources</code> erscheint eine Liste der Quelldateien, die vom Programm benutzt werden.
<code>list (l)</code>	Gibt zehn Zeilen des Quellprogramms aus.
<code>next (n)</code>	Führt die nächste Programmzeile aus, ohne die Zeilen von Subroutinen zu berücksichtigen. Ein Subroutinen-Aufruf wird wie eine zusammenhängende Programmzeile behandelt, die Subroutine wird jedoch ausgeführt.
<code>print (p)</code>	Gibt den Wert einer Variablen oder eines Registers zurück.
<code>quit (q)</code>	Beendet GDB.
<code>run (r)</code>	Startet die Programmausführung am Programmstart.
<code>set</code>	Aktiviert oder deaktiviert eine GDB-Option.
<code>show</code>	Gibt den Status einer GDB-Option zurück. Ohne Parameter nach <code>show</code> werden alle Optionen angezeigt.
<code>step (s)</code>	Führt die nächste Programmzeile aus, auch innerhalb von Subroutinen.
<code>until</code>	Führt das Programm bis zu einer bestimmten Zeile oder Subroutine aus. Das Kommando <code>until toto</code> ist mit <code>break toto</code> ; <code>continue</code> vergleichbar.
<code>watch</code>	Stoppt die Programmausführung, wenn eine bestimmte Bedingung erfüllt ist.
<code>where</code>	Siehe <code>backtrace</code> .
<code><ctrl><c></code>	Stoppt die Programmausführung unter GDB.
<code><entrée></code>	Wiederholt das vorangegangene Kommando.

sionen geringfügig abweicht, und bei manchen Versionen fehlen bestimmte Kommandos. Es lässt sich nicht ausschließen, dass die Informationen einer GDB-Website für Ihre GDB-Version unzutreffend sind. Berücksichtigen Sie auch, dass bestimmte Kommandos oder Funktionen von GDB möglicherweise nicht mit Ihrer Hardware zusammenarbeiten.

Bevor Sie eine grafische Oberfläche einrichten, sollten Sie sich mit dem Kommandozeilenmodus und der GDB-Konsole vertraut machen. Finden Sie den Unterschied zwischen `step` und `next` heraus, betrachten Sie die Registerinhalte und den Stack, probieren und experimentieren Sie!

Grafische Oberfläche

Das Debuggen im Kommandozeilenmodus ist zwar effizient und instruktiv, doch das Eintippen der Kommandos ist wenig komfortabel. Aus diesem Grund haben engagierte Programmierer grafische Oberflächen (GUI, *Graphical User Interface*) entwickelt. Eine GUI stellt den Quellcode ohne Eingabe des Kommandos `list` dar und aktualisiert fortlaufend die Anzeige der Variablen-, Register- und Stack-Werte. Außerdem wird der Anwender über den aktuellen Code im Programm und die gesetzten Breakpoints informiert. Wenn es um GDB und das Debuggen eines Mikrocontroller-Systems wie „Zepter“ geht, ist die Auswahl an geeigneten GUIs begrenzt. Bei den Anwendern stehen die GUIs **Eclipse** und **Insight** auf der Beliebtheitsskala an

vorderster Stelle. Eclipse ist eine leistungsstarke, effiziente und kostenlos verfügbare Multiplattform-Umgebung für allgemeine Programmentwicklungen. Mit einem Plugin kann sie auch als GUI für GDB genutzt werden. Weil das Installieren einer Eclipse-Umgebung für GDB nicht ganz einfach ist, beginnen wir mit Insight, eine GUI, die speziell für GDB entwickelt wurde.

Insight ist ein Open-Source-Linux-Programm, das vom Linux-Distributor Red Hat unterstützt wird. Leider gestaltet sich das Compilieren unter Windows und für die Windows-Plattform einigermaßen schwierig. Bereits compilierte, ausführbare Versionen von Insight sind ziemlich rar. Trotzdem lohnt es sich danach zu suchen, denn Insight hat viele gute Seiten. Dieses Tool ist nicht mit zahllosen Optionen beladen, die für GDB unnötig sind, das Debuggen geht schnell und unkompliziert von der Hand.

Die Tool-Sammlung WinARM, die wir für das „Zepter“-System [1] gewählt haben, enthält eine ausführbare Version von Insight. Das gilt auch für einige alte Distributionen von Yagarto, bei neuen Distributionen fehlt Insight.

Im Gegensatz zu Eclipse ist in Insight bereits GDB integriert, so dass eine separate Installation von GDB entfällt. Ebenso wie die Kommandozeilenversion von GDB führt auch Insight beim Starten das Skript mit dem Dateinamen `.gdbinit` aus, das optionale Startkommandos enthält. Wenn das Skript korrekt erstellt wurde (bei Insight müssen einige Kommandos in bestimmter Reihenfolge ste-

hen), startet der Debugger. Der Quellcode der Zeile, in der das Programm an einem zuvor gesetzten Breakpoint stoppt, wird in hervorgehobener Schrift dargestellt. Wichtig: Beim Starten von Insight muss OpenOCD bereits laufen!

Über das Hauptfenster (*Source Window*, siehe **Bild 6**) lassen sich Hilfsfenster für die lokalen Variablen, die Register, den Stack und die GDB-Konsole öffnen. Die Fensterinhalte werden fortlaufend aktualisiert, die letzten Änderungen sind an der hervorgehobenen Schrift zu erkennen. Verglichen mit der ständig wiederholten Eingabe von `step` und `print` im Kommandozeilenmodus erleichtert Insight das Arbeiten beträchtlich.

Während der Kommandoausführung sind für die Aktualisierung der GUI zahlreiche JTAG-Transaktionen erforderlich. Wenn der verwendete JTAG-Pod der langsamen Kategorie angehört, können die Wartezeiten schon mal die Geduld strapazieren. Der Einsatz eines schnellen JTAG-Pod ist fast immer sinnvoll, Zeit und Nerven werden dann geschont.

Die in Insight integrierte GDB-Konsole bietet die gleichen Möglichkeiten wie GDB in der Kommandozeilenversion, die Ergebnisse werden jedoch in anderen Fenstern dargestellt. Nützlich ist die GDB-Konsole, falls der Überblick über das Debugging-Geschehen verloren geht oder ein Kommando ausgeführt werden soll, das Insight nicht kennt. Ein solches Kommando ist beispielsweise `monitor reset`.

Es kann passieren, dass die Kopplung zwischen GDB und OpenOCD nach einer Aktion unterbrochen ist, beispielsweise wenn die zu debuggende Programmdatei gewechselt wird. Deshalb ist es ratsam, das OpenOCD-Fenster im Blick zu behalten und die Kopplung von Zeit zu Zeit zu kontrollieren.

Zum Schluss dieses Absatzes noch zwei Anmerkungen:

- Beim Starten der in WinARM enthaltenen Version von Insight auf unserem Test-Computer erschien die Meldung `Unknown ARM EABI version 0x5000000`. Wir haben die Meldung ignoriert und festgestellt, dass Insight trotzdem regulär arbeitet. Wenn Sie eine Bezugsquelle für eine neue Version von Insight für Windows kennen, bitte informieren Sie uns!

- Aus **Bild 7** sind die Einstellungen in Insight ersichtlich, die von Hand vorgenommen werden können (`File -> Target Settings...`).

Noch stärker: Eclipse

Wenn es um das Debuggen einer Applikation geht, die auf dem „Zepter“-System laufen soll, ist bereits Insight ein hervorragendes Werkzeug. Noch viel mehr zu bieten hat Eclipse, eine integrierte Entwicklungsumgebung (*Integrated Development Environment*, IDE), geschrieben in Java. Unter Eclipse können Applikationen nicht nur debugged werden, auch die Modifikation des Quellcodes, das Compilieren sowie das Starten externer Tools und Programme ist innerhalb dieser Umgebung möglich. Leider hat so viel Leistungsstärke auch eine Kehrseite: Die Installation der Entwicklungsumgebung Eclipse ist nicht gerade unkompliziert. Weil die Entwickler den Bedürfnissen und Wünschen möglichst vieler Anwender Rechnung tragen wollten, ist Eclipse vollgepfropft mit zahllosen, manchmal unverständlichen Optionen. An dieser Stelle können wir keine Anlei-

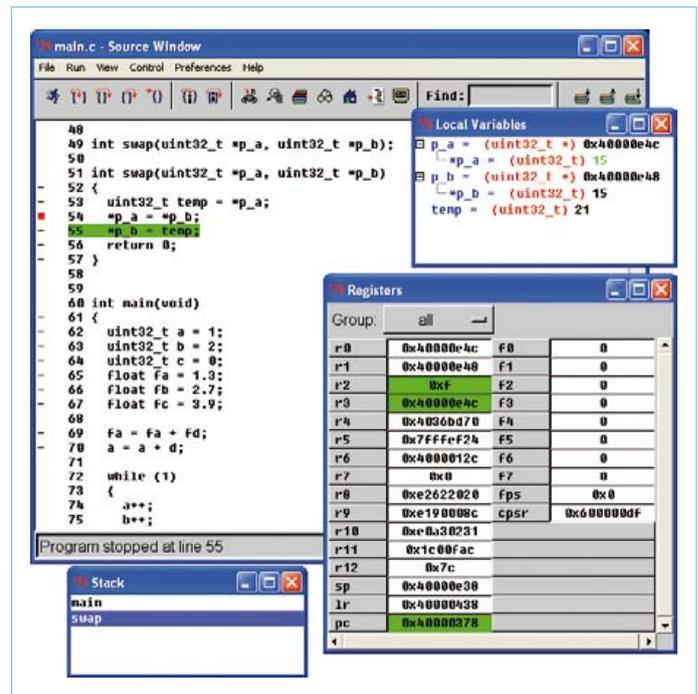


Bild 6. Insight ist eine grafische Oberfläche (GUI) für GDB.

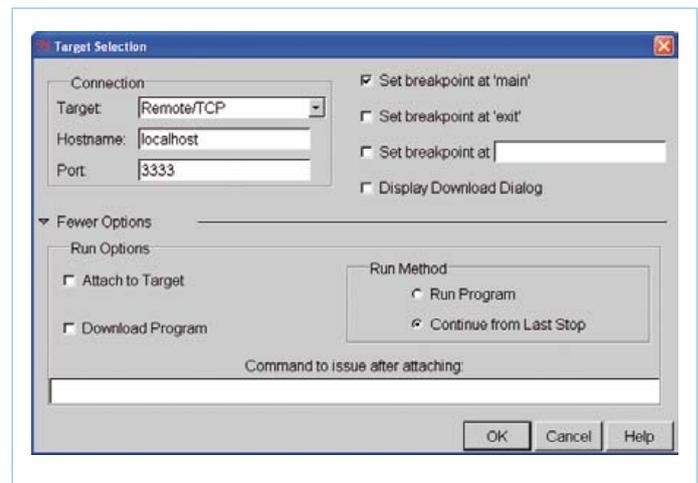


Bild 7. Mit diesen Einstellungen arbeitet Insight problemlos.

tung geben, wie Eclipse in den Griff zu bekommen ist. Wir verweisen auf das Internet, beispielsweise auf die Website von Yagarto [5], die eine recht detaillierte Einführung in das Thema bereit hält. Wichtig ist, dass es nicht genügt, Eclipse allein zu installieren. Auch das Plugin **CDT** (*C/C++ Development Tooling*) muss installiert werden, es macht Eclipse zu einer IDE für Programme in C/C++ und fügt die Debug-Funktion hinzu.

Nachdem die Installation von Eclipse und CDT vollbracht ist, starten Sie Eclipse und wählen einen Ort für den *Workspace* (das ist der Bereich, in dem Eclipse Projekte speichert). Da der Quellcode unserer Applikation bereits existiert, kann er von Eclipse importiert werden. Der kürzeste Weg führt im Menü über `File -> New -> Makefile Project with Existing Code`. Gehen Sie zu Ihrem vorhandenen Projekt (*Existing Code Location*) und ändern Sie falls nötig den Projektnamen (*Project Name*). Wählen Sie `<none>`

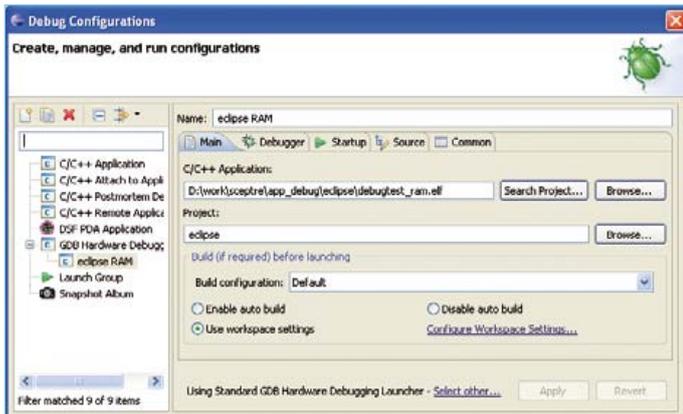


Bild 8. Einstellungen des Debuggers von Eclipse (erster Tab).

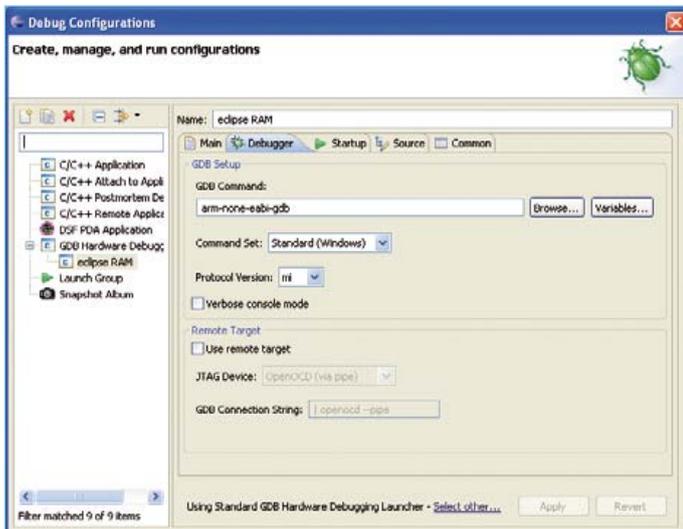


Bild 9. Zweiter Tab. Unten muss die Meldung *Using Standard GDB Hardware Debugging Launcher* stehen.

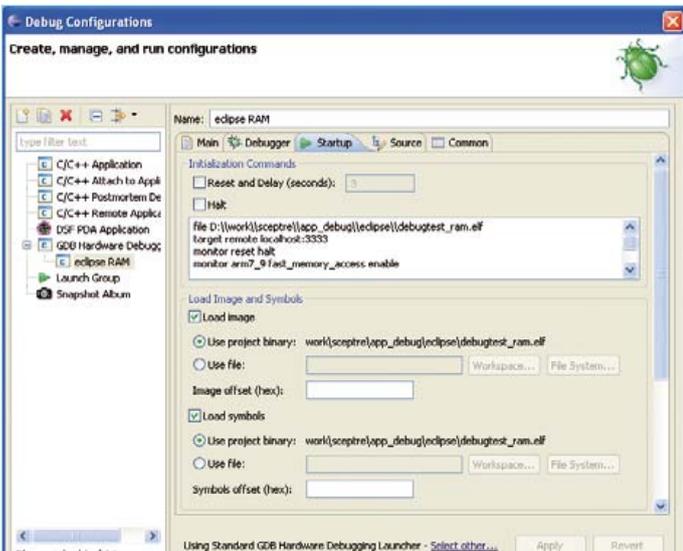


Bild 10. Dritter Tab. Die Parameter unter dem Scrollfenster haben die vorgegebenen Standardwerte.

bei *Toolchains for Indexer Settings* und setzen Sie einen Haken bei der zutreffenden Programmiersprache (oder mehreren, falls es mehrere sind). Zum Schluss klicken Sie auf **Finish**.

Eclipse bietet diverse Optionen für die Darstellung, die *Perspectives* genannt werden. Standardmäßig ist die Darstellung *Resource* geöffnet, im vorliegenden Fall ist jedoch die Darstellung *C/C++* (Window -> Open Perspective -> Other...) zweckmäßiger. Um Ihr Projekt und gleichzeitig die Installation von Eclipse zu testen, können Sie ein `make clean` (Project -> Clean...) ausprobieren, gefolgt von einem `make all` (Project -> Build Project). Eclipse und CDT gehen davon aus, dass die Compiler-Tools und GDB auf Ihrer Festplatte vorhanden sind. Den Pfad nach GDB können Sie angeben, `make` muss GDB aber auch über den globalen Pfad von Windows finden können. Wenn Sie mehrere Compiler-Zusammenstellungen nutzen (WinARM, Yagarto oder andere), richten Sie für jede Zusammenstellung ein eigenes `makefile` ein, so dass die Übersicht erhalten bleibt.

Nachdem die Installation und das Projekt den Test bestanden haben, können Sie mit dem Debugger beginnen. Wie schon erwähnt, muss *OpenOCD* zuerst gestartet werden. Das kann mit einem externen Tool geschehen (Run -> External Tools -> External Tools Configurations...), das zuerst *OpenOCD* und anschließend *Eclipse* startet. Beides ist natürlich auch über das Kommandozeilenfenster möglich.

Öffnen Sie die Darstellung (*perspective*) *Debug*. Bevor Sie mit dem Debugger arbeiten können, muss er konfiguriert werden. Die Debugger-Konfiguration ist über das Menü *Run -> Debug Configurations* oder den Pfeil rechts neben dem Button *Debug* (mit dem Käfer-Symbol) zugänglich. Wählen Sie *GDB Hardware Debugging* und klicken Sie auf *New* (leeres Blatt mit kleinem Pluszeichen). Nun können Sie zwischen den Tabs *Main*, *Debugger* und *Startup* wechseln. Aus **Bild 8, 9** und **10** geht hervor, wie der Debugger konfiguriert werden muss. Die nicht sichtbaren Parameter sind auf ihre Standard-Werte eingestellt. Im Fenster unter dem Tab *Startup* können die Kommandos eingegeben werden, die beim Starten von GDB ausgeführt werden sollen. Die Kommandos sind mit denen in der zuvor verwendeten Skript-Datei `.gdbinit` identisch.

Wenn Sie den Debugger zum ersten Mal für Ihr Projekt starten, ist das Projekt noch nicht in Eclipse aufgelistet. Zuerst müssen Sie zu den Debugger-Konfigurationseinstellungen gehen, indem Sie auf *Debug* klicken. Bei späteren Starts öffnet Eclipse das Projekt, wenn Sie auf den Button mit dem Käfer-Symbol klicken. Vorausgesetzt dass Eclipse korrekt konfiguriert ist, sehen Sie eine *Debug-Darstellung* wie in **Bild 11** wiedergegeben. Ein möglichst großer Bildschirm erleichtert die Arbeit, denn Eclipse öffnet viele Fenster, die ihren Platz brauchen. Unten im Bild ist die *GDB-Konsole* sichtbar, in die *GDB-Kommandos* unmittelbar eingegeben werden können. Der *GDB-Prompt* (`gdb`) wird von Eclipse unterdrückt. Lassen Sie sich nicht durch die vielen Buttons, Symbole und Tabs in den diversen Fenstern verwirren, beachten Sie vor allem ihre Inhalte.

In Ihrem Programm können Sie mit den Funktionstasten **F5**, **F6** und **F7** sowie mit den Optionen im Menü *Run* navigieren. Um zusätzli-

che Fenster zu öffnen, gehen Sie nach Window -> Show View. Wie im Absatz über Insight sollen auch hier zwei Hinweise am Schluss stehen:

- Wenn sich eine Debug-Sitzung nicht neu starten lässt, müssen Sie vor dem Neustart alle Breakpoints entfernen (Run -> Remove all Breakpoints).

- Zum Laden von Debug-Symbolen benutzt Eclipse das Kommando `symbol-file` von GDB anstelle des Kommandos `file`. Die ausführbare Datei wird nicht von GDB geladen, so dass ein nachfolgendes Kommando `load` keine Wirkung hat. Deshalb muss beim Debuggen im RAM das Kommando `file` explizit zu der Kommandoliste hinzugefügt werden, die beim Starten abgearbeitet wird. Es ist auch möglich, das Programm über die GDB-Konsole zu laden. Geben Sie den vollständigen Pfad an und verwenden Sie, wie in **Bild 10**, doppelte Slashes (//) oder Backslashes (\\) anstelle einzelner Backslashes (\).

Den Flash-Speicher laden

Wenn Sie Besitzer eines JTAG-Pod sind, der mit OpenOCD kompatibel ist, können Sie mit ihm auch ausführbare Programme in den Flash-Speicher des Mikrocontrollers laden. *J-Link Edu* benötigt für dieses Feature eine Zusatzlizenz (es sei denn es gelingt Ihnen, dass *J-Link Edu* mit OpenOCD zusammenarbeitet). Das Programmieren über JTAG hat vor allem dann Sinn, wenn der Umfang der Applikation beträchtlich ist und der klassische Weg der Mikrocontroller-Programmierung viel Zeit beansprucht. Das trifft auch auf den LPC2148 des „Zepter“-Systems zu, der über eine serielle Schnittstelle zugänglich ist. Mit JTAG und dem USB-JTAG-Pod, den wir für unsere Arbeit verwendet haben, wurde die zum Programmieren benötigte Zeit fast um den Faktor 10 verkürzt! Dazu muss OpenOCD, beispielsweise in der Konfigurationsdatei des OpenOCD `target`, wie folgt konfiguriert werden:

```
flash bank lpc2148.flash lpc2000 0x0 0x7d00000
lpc2148.cpu lpc2000_v2 12000 calc_checksum
```

Der Wert `12000` gibt die Taktfrequenz des Mikrocontrollers in Kilohertz an. Der Parameter `calc_checksum` bewirkt, dass in die ausführbare Datei die Checksumme eingetragen wird. Der LPC2148 benötigt die Checksumme während der Ausführung des Programms. Wenn die Checksumme bereits in der Datei steht, kann dieser Parameter weggelassen werden.

Geben Sie in GDB folgendes Kommando ein:

```
(gdb) monitor flash write_image <Dateiname>
```

Für `<Dateiname>` geben Sie den vollständigen Pfad der ausführbaren Datei an (Format `.bin`, `.elf`, `.hex` ..., siehe Anmerkung bei OpenOCD), wobei jeder Backslash (`\`) durch einen Slash (`/`) zu ersetzen ist.

Die zu diesem Beitrag gehörenden Dateien können von der Projektseite [9] heruntergeladen werden.

(100810)gd

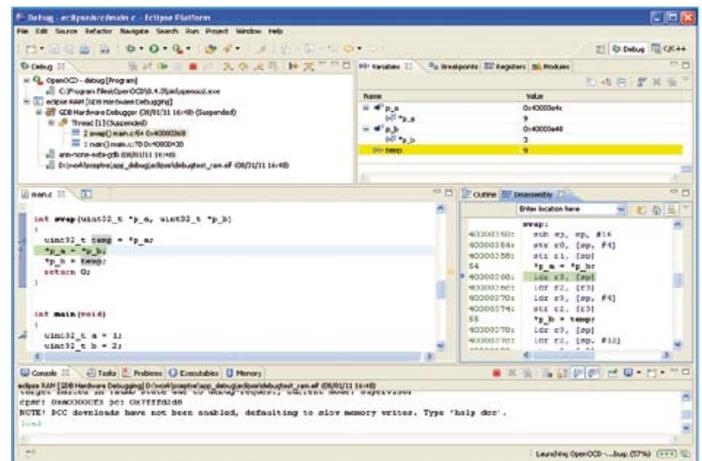
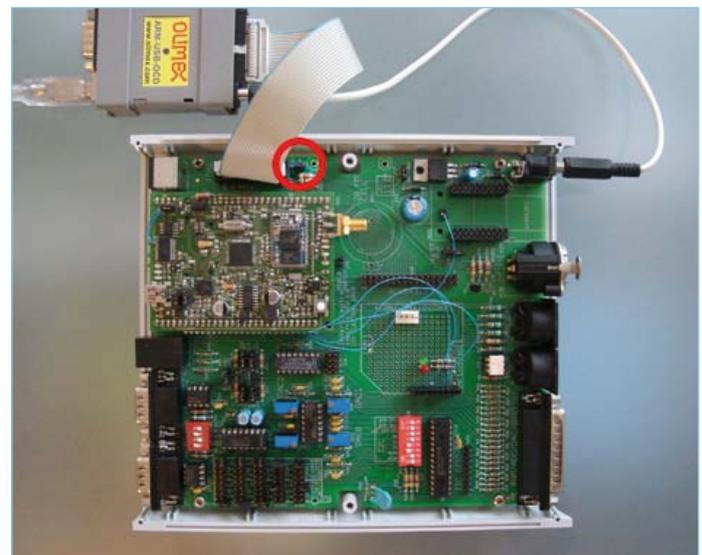


Bild 11. Debuggen mit allen Optionen unter Eclipse (Helios 3.6.0 mit CDT).

Weblinks

- [1] www.elektor.de/090559
- [2] <http://openocd.berlios.de/web/>
- [3] www.gnu.org/software/gdb/
- [4] www.macraigor.com
- [5] www.yagarto.de/howto/yagarto2/index.html
- [6] www.freddiechopin.info/index.php/en/articles/34-news/70-openocd-040-instalator-dla-systemu-windows
- [7] www.olimex.com/dev/arm-usb-ocd.html
- [8] www.segger.com/cms/j-link-edu.html
- [9] www.elektor.de/100810

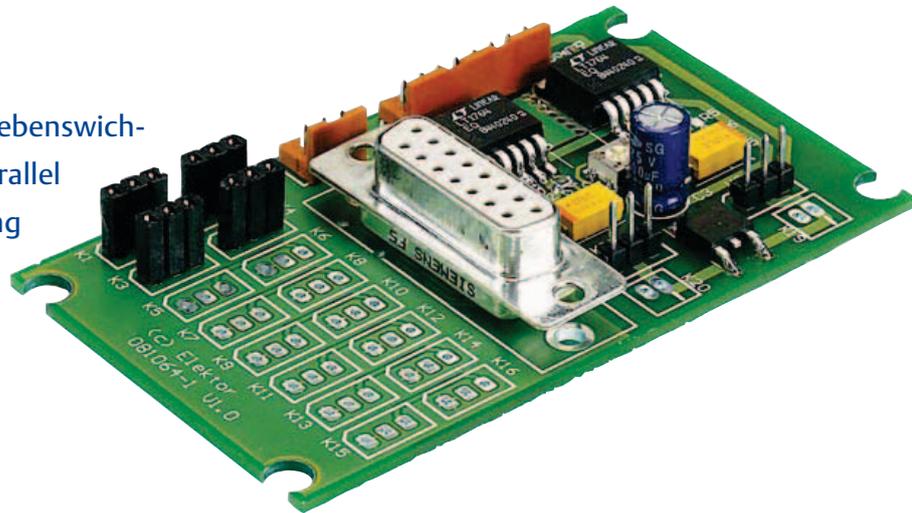


Das „Zepter“-System von Elektor. Die JTAG-Schnittstelle ist aktiviert, wenn auf der „InterZepter“-Platine der Jumper JP7 gesetzt ist.

Zweifache lineare Stromversorgung für Flugmodelle

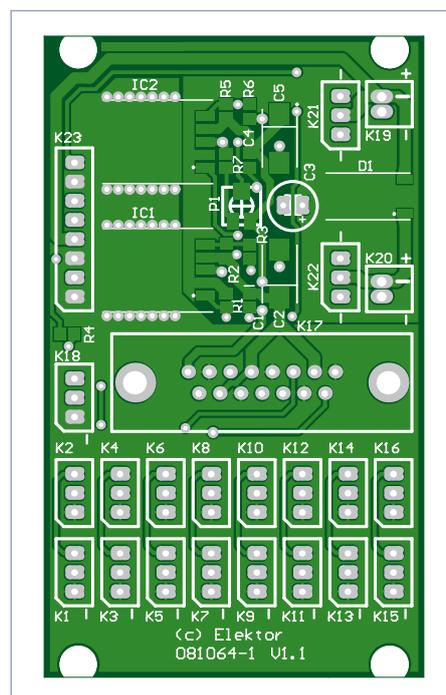
Von Michel Kuenemann (F)

In der „großen“ Welt der Fliegerei sind überlebenswichtige Systeme doppelt oder sogar dreifach parallel installiert. Durch diese redundante Auslegung soll die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls infolge von Systemausfällen auf etwa eins zu eine Milliarde sinken. Was den Großen recht ist, kann den Kleinen nur billig sein.



Meistens werden die Fernsteuerempfänger und Servos motorbetriebener oder segelnder Modellflugzeuge aus vier oder fünf NiMH-Akkuzellen mit Strom versorgt. Eingeschaltet wird der Strom mit einem einfachen Schiebe- oder Kippschalter, der sich seitlich am Rumpf befindet. Diese Anordnung, die sich seit den Anfängen funkgesteuerter Flugmodelle etabliert hat, bietet nur wenig Sicherheit. Schon kleine Probleme mit den Akkus, dem Schalter oder der Verdrahtung können Abstürze und Totalverluste zur Folge haben. Leider bestätigt die Praxis immer wieder, dass für die Mehrzahl der Abstürze die Bordelektrik verantwortlich ist. Das Unfallrisiko sinkt drastisch, wenn die Stromquellen und die zugehörigen Reglerschaltungen zweifach und voneinander unabhängig vorhanden sind. Die Anzahl gemeinsamer Bauelemente muss bei den parallelen Systemen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Eine Reservestromversorgung ist eine vernünftige Investition in die Sicherheit und den Werterhalt, zumal High-Tech-Flugmodelle ihren Preis kosten. Da kostengünstige und weniger anspruchsvolle Modelle nicht immer Anlass zur Freude sind, geben viele Modellflieger lieber etwas mehr Geld für ihr Hobby aus. Die hier vorgestellte unkomplizierte doppelte Stromversorgung passt zu praktisch allen elektrisch angetriebenen Flugmodellen mit Spannweiten bis etwa zwei Meter, segelnde Modelle können auch größere Spannweiten haben. Der Autor erprobte die Stromversorgung an einer „Spitfire“ mit 1,83 Meter Spannweite. Das Modell ist mit

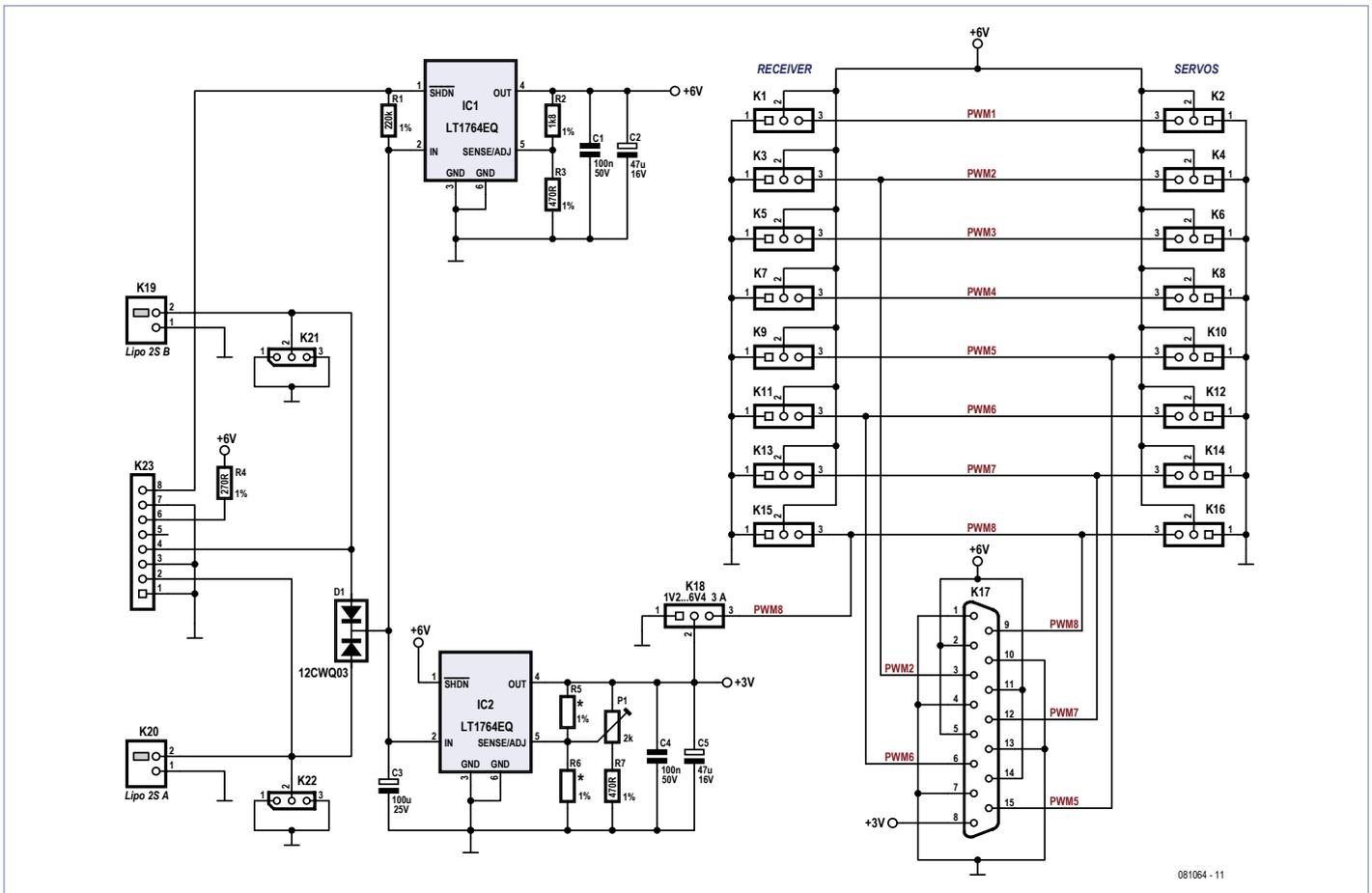
acht Servos ausgerüstet und hat ein elektrisch betriebenes Einziehfahrwerk. Die Weiterentwicklung für den universellen Einsatz auch in kleineren Flugmodellen ist geplant. Zwei Lithium-Polymer-Akkus mit jeweils zwei Zellen und einer Kapazität im Bereich von 500 bis 1500 mAh sind die Energiequellen. Die Akkus sind über Steckverbinder üblicher Bauart oder über so genannte „Deans Micro Plugs“ mit der Schaltung verbunden, die Leitungen werden dort über



eine doppelte Schottky-Diode zusammengeführt, so dass keine Ausgleichsströme fließen können. Es folgen zwei parallele Spannungsregler des Typs LT1764A von Linear Technology, die Ausgangsströme bis 3 A liefern. Für den Fernsteuerempfänger und die Servos ist die Ausgangsspannung auf 5,9 V eingestellt. Die Spannungsregler werden so geschaltet, dass sie bei offenen SHDN-Anschlüssen in Betrieb sind. Das inverse Einschaltverhalten (bei geschlossenem Schalter ist die Elektrik außer Betrieb) erhöht die Sicherheit nicht unwesentlich. Im Flugmodell kann der übliche Kipp- oder Schiebeschalter die Funktion des Betriebschalters beibehalten. Die gleiche Aufgabe erfüllt ein Kurzschlussstecker, der zum Einschalten der Elektrik abgezogen wird. Der zweite Spannungsregler, der die Servos und das Fahrwerk versorgt, ist optional. Wenn seine Ausgangsspannung etwas niedriger als die Ausgangsspannung des anderen Zweigs eingestellt ist, wirkt die Fahrwerk-bewegung besonders realistisch. Eingestellt wird die Spannung wahlweise über einen festen Spannungsteiler (R5 und R6) oder mit dem Trimpoti P1. Entweder müssen die Widerstände R5 und R6 oder aber P1 und R7 vorhanden sein. Die Werte von R5 und R6 lassen sich an Hand des LT1764A-Datenblatts berechnen.

An Steckverbinder K23 sind folgende Komponenten anschließbar:

- Betriebsschalter oder Kurzschlussstecker (zum Beispiel Klinke 3,5 mm)
- LED-Kontrollleuchte (optional)



081064 - 11

- Externe Kontakte zum Messen der Akku-Spannungen (optional, jedoch zweckmäßig!)

Am Rand sei erwähnt, dass eine einzige 15-polige D-Sub-Buchse die Verbindungen zu den fünf Servos der Flügel herstellt (siehe Tabelle 1). Dieser Steckverbinder-Typ hat auch in rauer Umgebung unter freiem Himmel seine Zuverlässigkeit bewiesen. Insgesamt können bis zu acht Servos angeschlossen werden.

Experten für Flugmodellsicherheit kamen zu dem Ergebnis, dass die doppelte Stromversorgung die Absturzwahrscheinlichkeit als Folge von Stromausfällen um den Faktor 250 mindert. Allerdings setzt die gewonnene Sicherheit voraus, dass sich die Akkus in gepflegtem Zustand befinden und ihre Spannungen nach dem Laden voneinander unabhängig überprüft werden. Es ist nicht auszuschließen, dass sich die Eigenschaften eines Akkus verschlechtern, während der andere Akku noch voll leistungsfähig ist. Parallele Stromversorgungssysteme können die Absturzgefahr nicht senken, wenn die Akkus leer oder defekt sind oder die Verkabelung brüchig ist. Die doppelte Stromversorgung kann nur

einen Beitrag zur Flugmodellsicherheit leisten, denn natürlich haben auch andere Faktoren maßgeblichen Einfluss. Da durch abstürzende Flugmodelle Menschen schwer verletzt werden können, muss die Flugsicherheit oberstes Gebot sein.

(o81064)gd

Weblink

[1] www.elektor.de/081064

Stückliste

Widerstände:

- (1/8 W 1%, SMD 0805)
- R1 = 220 k
- R2 = 1k8
- R3, R7 = 470 Ω
- R4 = 270 Ω
- R5, R6 = siehe Text
- P1 = Trimpoti 2 kΩ, SMD rechteckig 5 mm (z.B. Farnell 1557936)

Kondensatoren:

- C1, C4 = 100 n/50 V, keramisch, X7R, SMD 0805
- C2, C5 = 47 µ/16 V, Tantal, D-Gehäuse (z.B. Farnell 498762)
- C3 = 100 µ/25 V, Elko stehend, Raster 2,54 mm

Tabelle 1. Servo-Funktionen

PWM1	Gas
PWM2	Linkes Querruder
PWM3	Flughöhe
PWM4	Flugrichtung
PWM5	Rechtes Querruder
PWM6	Linke Klappe
PWM7	Rechte Klappe
PWM8	Fahrwerk

Halbleiter:

D1 = 12CWQ03, Schottky-Diode, 2 - 6 A, 30 V, D-PAK (z.B. Farnell 9101160)
 IC1, IC2 = LT1764EQ, Low-drop Spannungsregler, D2-PAK (z.B. Farnell 1273623)

Außerdem:

K2, K4, K6, K8, K10, K12, K14, K16, K18, K21, K22 = Kontaktleiste 3-polig, Raster 2,54 mm
 K1, K3, K5, K7, K9, K11, K13, K15 = Kontaktleiste 3-polig, Raster 2,54 mm
 K17 = D-Sub-Buchsenleiste (weiblich) 15-polig, für vertikale Platinenmontage (z.B. Farnell 1106813)
 K19, K20 = „Deans Micro Plug“
 K23 = Steckverbinder 8-polig vertikal mit Verriegelung, Raster 2,54 mm
 Platine 081064-1 (siehe www.elektor.de/081064)

Bascom 8051 Mathematik Routinen

Mathematik-Routinen können auf verschiedene Weise auf einem Prozessor implementiert werden. Einige Prozessoren enthalten spezielle Hardware für Mathematik-Anwendungen. Die CORDIC-Methoden sind z.B. für bestimmte Hardwarestrukturen optimiert. Wenn sie allerdings auf dem Tausendsassa 8051 implementiert werden sollen, stellen sie sich als langsam und ungenau heraus. Hier kommt Hilfe!

Von Darren Heywood (UK)

Die hier aufgeführten Routinen benutzen den Padé- und teilweise den Newton/Rahpson-Algorithmus zur Wurzelberechnung in Form einer Programmschleife. Der Padé-Algorithmus verwendet den gleichen Ansatz wie die Taylor-Reihenentwicklung, nur dass Padé einen Quotienten aus Polynomen aufstellt, der eine gleichwertige Approximation einer transzendenten Funktion bietet (die sich sogar als genauer als die Taylor-Reihenentwicklung herausstellt). CORDIC-Methoden und Padé-Algorithmen funktionieren nur in einem engen Zahlenbereich, aber verschiedene Programmiertricks dehnen diesen Bereich auf ein Maximum aus. Die Mathematik-Routinen hier sind nur durch die IEEE-32-bit-Fließkommadarstellung begrenzt.

Anwendung der Mathematik-Routinen

Jeder Anwender kann sich hier die Routinen herauspicken, indem er zunächst ein File 8051.DAT mit viel Platz für Programm-Code definiert, vorzugsweise 32 K oder 64 K groß. Dahinein kopiert er die 8051-Mathematik-Routinen als Ausgangspunkt für seine

jeweilige Applikation. Später werden dann alle nicht benötigten Teile herausgelöscht, um das Programm zu verkleinern. Dabei muss man aufpassen, da einige Routinen von anderen abhängen. So ruft z.B. die $\cos(x)$ -Routine die $\sin(x)$ -Routine auf. Wenn also das Anwenderprogramm den $\cos(x)$, nicht aber den $\sin(x)$ benötigt, so muss die $\sin(x)$ -Routine dennoch im Programm-Code verbleiben. Ebenso ist es mit der $\tan(x)$ -Routine, die sowohl $\sin(x)$ als auch $\cos(x)$ benutzt. Jeder Anwender muss selbst prüfen, welche Routinen von anderen Routinen aufgerufen werden. Dazu muss er im Quelltext dieser Routine nach Aufrufen von anderen Programmteilen suchen. Es gibt im Wesentlichen zwei Variablen, die Arg1 und Arg2 benannt sind. Wenn `<call sinx Arg1>` kompiliert und ausgeführt wird, dann wird der Inhalt von Arg1 an die $\sin(x)$ -Routine übergeben und diese gibt in Arg1 dann das Ergebnis zurück. Alle trigonometrischen Funktionen arbeiten nur in rad (Radiant).

Für Arg1 und Arg2 existiert ein Stack, der jeweils bis zu vier Werte aufnehmen kann. Arg1 und Arg2 sind in allen Routinen globale Variablen.

Liste der Funktionen

Diese Routinen verwenden zwei Hauptvariablen: Arg1 und Arg2. Wenn eine Funktion wie Sinx aufgerufen wird, enthält Arg1 zunächst den Winkel in rad. Nach Ablauf der Routine enthält Arg1 den berechneten Wert. Die folgende, vollständige Liste von Funktionen findet man üblicherweise auch auf jedem wissenschaftlichen Taschenrechner.

Call Square Arg1 ; gibt das Quadrat in Arg1 aus.

Call SqrX Arg1 ; gibt die Quadratwurzel in Arg1 aus.

Call Mag Arg1, Arg2 ; gibt die Quadratwurzel von $\text{Arg1}^2 + \text{Arg2}^2$ in Arg1 aus.

Call Rect2polar Arg1, Arg2 ; wandelt die rechtwinklige in eine polare Darstellung um: $x = \text{Arg1}$ und $y = \text{Arg2}$ wird zum Betrag in Arg1 und Winkel in Grad in Arg2.

Call Polar2rect Arg1, Arg2 ; wandelt die polare in eine rechtwinklige Darstellung um: Betrag in Arg1 und Winkel in Grad in Arg2 wird zu $x + jy$ in der Form $\text{Arg1} + j\text{Arg2}$.

Call Cubr Arg1 ; gibt die Kubikwurzel in Arg1 aus.

Call Expx Arg1 ; gibt die Exponentialfunktion (Basis $e = 2,718\dots$) in Arg1 aus.

Call Lnx Arg1 ; gibt den natürlichen Logarithmus zur Basis $e = 2,718\dots$ in Arg1 aus.

Call Alog Arg1 ; gibt die Exponentialfunktion (Basis 10) in Arg1 aus.

Call log Arg1 ; gibt den Logarithmus zur Basis 10 in Arg1 aus.

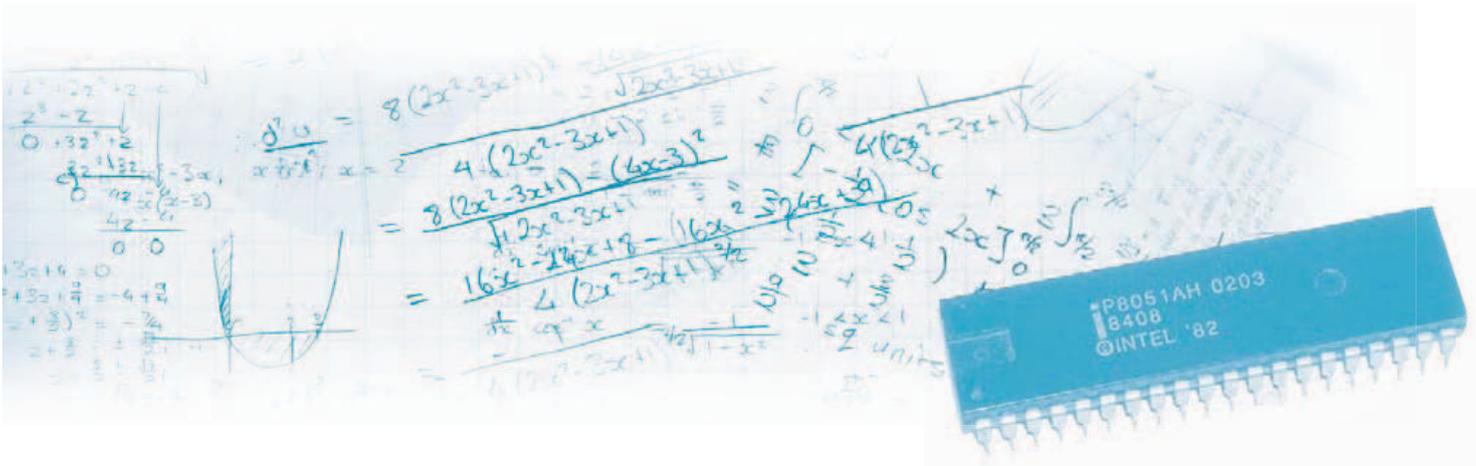
Trig functions

Call Sinx Arg1 ; gibt den Sinus eines Winkels in rad in Arg1 aus.

Call Asin Arg1 ; gibt den Arcsin eines Wertes in Arg1 aus.

Call Sin_2pix Arg1 ; gibt den Sinus einer Zahl $\text{Arg1} = x$ multipliziert mit 2π in Arg1 aus, wobei diese Zahl zwischen 0 und 1 liegt, um einen ganzen 360° -Kreis (2π rad) zu durchlaufen.

Call Sin_a2pix Arg1 ; wie vor, jedoch mit der ganzzahligen Variablen a, welche die Nummer der Harmonischen angibt.



Die Mathematik-Routinen benötigen keine externe Hardware (außer dem LCD-Display) und können alle im BASCOM-Simulator laufen. Die Ergebnisse lassen sich sehr einfach kontrollieren, indem man Arg1 auf dem LCD-Display ausgibt. Es ist im Simulator auch möglich, sich die Variable Arg1 anzeigen zu lassen. Das Ergebnis kann mit einem wissenschaftlichen Taschenrechner geprüft werden.

Beispiele – einfach bis komplex

Die Routinen sind sehr einfach über das BASCOM Call Kommando benutzbar. Beispiele:

Call `sinx Arg1` ruft die Sinus-Funktion auf, wobei Arg1 zunächst den Winkel in rad und nach Auführung der Routine das Ergebnis enthält.

Call `cosx pi/4` ruft die Cosinus-Routine auf, wobei hier BASCOM automatisch Arg1=pi/4 setzt. Das Ergebnis wird dann in Arg1 ausgegeben.

Lcd Arg1 stellt Arg1 auf dem LCD-Display dar. Dieser Befehl ist mit realer Hardware und dem BASCOM-Simulator nutzbar.

Wie man sieht, muss vom Programm zunächst die Variable Arg1 mit dem Argument geladen und dann die gewünschte Routine aufgerufen werden. Nach der Ausführung wird das Ergebnis in Arg1 (teilweise auch in Arg1 und Arg2) ausgegeben.

Wenn man die Routinen das erste Mal in die BASCOM IDE lädt und die Zeile 173 anschaut, sieht man das Kommando

```
Call polar2rect 5, 53.13010235
```

welches eine komplexe Zahl in polarer Darstellung mit einem Betrag von 5 (Arg1) und einem Winkel von 53.13010235 Grad (Arg2) in die rechtwinklige Darstellung umrechnet.

In diesem Beispiel hat das Ergebnis die Form Arg1 + j.Arg2. Stellt man dies in der LCD-Anzeige dar, so sollte die oberste Zeile 3.0000007 (Arg1) sein und die untere 4.0000000. Die Genauigkeit von Arg1 - die 7. Stelle müsste 0 sein - ist akzeptabel. Wenn Arg1 und Arg2 schon mit Werten vorgeladen sind, muss das Kommando

```
Call polar2rect Arg1, Arg2
```

Call Cosx Arg1 ; gibt den Kosinus eines Winkels in rad in Arg1 aus.

Call Acosx Arg1 ; gibt den Arccos einer Zahl in Arg1 aus.

Call Cos_2pix Arg1 ; gibt den Kosinus einer Zahl Arg1 = x multipliziert mit 2 pi in Arg1 aus, wobei diese Zahl zwischen 0 und 1 liegt, um einen ganzen 360°-Kreis (2 Pi rad) zu durchlaufen.

Call Cos_a2pix Arg1 ; wie vor, jedoch mit der ganzzahligen Variablen a, welche die Nummer der Harmonischen angibt.

Call Tanx Arg1 ; gibt den Tangens eines Winkels in rad in Arg1 aus.

Call Atanx Arg1 ; gibt den Arctan einer Zahl in Arg1 aus.

Call A2tanx Arg1, Arg2 ; gibt den Arcustangens der Form $\arctan(y/x)$ mit Arg1=x und Arg2=y in Arg1 aus.

Hyperbolic trig functions

Call sinhx Arg1 ; gibt den hyperbolischen Sinus eines Wertes in rad in Arg1 aus.

Call coshx Arg1 ; gibt den hyperbolischen Cosinus eines Wertes in rad in Arg1 aus.

Call tanhx Arg1 ; gibt den hyperbolischen Tangens eines Wertes in

rad in Arg1 aus.

Call Asinhx Arg1 ; gibt den hyperbolischen Arcussinus in Arg1 aus.

Call Acoshx Arg1 ; gibt den hyperbolischen Arcuscossinus in Arg1 aus.

Call Atanhx Arg1 ; gibt den hyperbolischen Arcustangens in Arg1 aus.

Numerical differentiation and integration

Die folgenden Routinen ermöglichen sowohl die numerische Integration wie auch die Differentiation. Der Algorithmus für die numerische Integration ist die Simpson-Methode.

Call Deriv func_1, func_1, inv, Arg1 ; findet die Ableitung an der in Arg1 genannten Stelle. Der Wert von dy/dx wird in Arg1 ausgegeben.

Call Simpson func_1, func_2, inv, lo, hi, strip_count ; führt die numerische Integration aus und kann die Fläche unter einer Kurve berechnen, wobei lo und hi die Integrationsgrenzen und strip_count die Anzahl der zu verwendenden Integrationsabschnitte (Streifen) sind.

benutzt werden, wobei mit Arg1=5 und Arg2=53.13010235 Grad dasselbe Ergebnis wie oben erzielt wird.

Das Kommando

```
Call Simpson(func_1, func_2, product/quotient,
Lo integration limit, Hi integration limit,
Number of strips)
```

wendet die bekannte Simpson-Methode zur numerischen Integration auf zwei Funktionen an, die als Produkt (=0) oder Quotient (=1) verknüpft sind und zwischen den Integrationsgrenzen Lo und Hi mit einer anzugebenden Anzahl von Integrationsabschnitten zwischen 1 und 255 verarbeitet werden. Jeder unabhängigen mathematischen Funktion ist eine bestimmte Nummer zugeordnet, die in Tabellen gefunden werden kann: für Funktion Func_1 ab Zeile 180 und für Func_2 ab Zeile 212.

Beispiel: Um die Fläche unter der einfachen Funktion $\ln x$ zwischen den Grenzen $x = 1$ und 2 , unterteilt in 10 Abschnitte, zu finden, geht man wie folgt vor: Zuerst muss man $\ln x$ aus der Liste der Funktionen unter func_1 ab Zeile 180 suchen: func_1=3 bedeutet $\ln x$. Dann bestimmt man func_2: Da es hier nur eine Funktion in der Integration gibt, ist func_2=1, was 1 bedeutet. Damit wird das komplette Kommando zu:

```
Call Simpson(3, 1, 1, 1, 2, 10)
```

Beachte: Das Produkt/Quotienten-Bit kann hier sowohl 0 (Produkt) als auch 1 (Quotient) sein, da die Ausdrücke $\ln x * 1 = \ln x$ und $\ln x / 1 = \ln x$ identisch sind.

Das obige Beispiel zeigt, wie man die Fläche unter der Kurve $\ln x$ in den Grenzen von 1 bis 2 findet. Da diese Routine das Produkt oder den Quotienten aus zwei Funktionen zulässt, können damit komplexe Ausdrücke wie z.B. die Fourier-Reihe, die im Wesentlichen aus der Integration von zwei multiplizierten Funktionen zwischen zwei Grenzen besteht, berechnet werden.

Auch die numerische Differentiation eines Produktes oder eines Quotienten aus zwei verfügbaren Funktionen ist über folgendes Kommando aufrufbar:

```
Call Deriv(func_1, func_2, product/quotient bit
0/1, X gradient position point)
```

Beispiel: Finde den Gradienten von $f(x)=x^2$ an der Stelle $x=2$.

```
Call Deriv(23, 1, 0, 2)
```

Hier haben wir func_1=23 (bedeutet x^2) und func_2=1 (wieder liegt der Fall einer einzelnen Funktion wie oben vor). Auch hier könnte das Produkt/Quotienten-Bit statt 0 auch 1 sein. Schließlich meint die 2, dass der Gradient von x^2 für $x=2$ gesucht wird.

Es gibt einige möglicherweise verwirrende Funktionen, wie z.B. `Call Sin_2pix Arg1` oder `Call Cos_a2pix Arg1`. In einigen Bereichen der Mathematik ist es vorteilhaft, $\sin(x)$ in der Form $\sin(2 \pi x)$ zu definieren, sodass das Argument x einen Wert

zwischen 0 und 1 annehmen kann, um einen vollen Kreis, also $2 * \pi$, zu durchlaufen.

Ebenso ist `Cos_a2pix=cos_a*2*pi*x`, wobei a eine ganze Zahl (1,2,3,...) ist und die Nummer der Harmonischen darstellt.

Beispiel: Berechne den durchschnittlichen Gleichspannungswert einer cosinusförmigen Spannung von 4 Volt nach Halbwellengleichrichtung. Dazu muss die Fläche unter einer Cosinushalbwellen berechnet und durch die Länge einer Schwingung geteilt werden. Da dies die durchschnittliche Gleichspannung einer Spannung von 1 Volt darstellt, muss noch mit 4 multipliziert werden. Das Kommando dafür sieht nun so aus:

```
Call Simpson(18, 1, 0, -0.25, 0.25, 16)
```

Wir haben hier func_1=18 = `Cos_2pix Arg1` und func_2=1 = 1. Also ist das wieder eine Integration über eine einzelne Funktion. Das Produkt/Quotienten-Bit steht auf 0, was für func_1*func_2 steht. Die Integrationsgrenzen sind -0.25 bis 0.25, was einer halben Cosinuswelle entspricht. Schließlich werden 16 Integrationsabschnitte verwendet. Das Ergebnis ist nun 0.31831, was noch durch die Länge der Schwingung, die hier 1 ist, dividiert werden muss. Mit dem Faktor 4 für die Spitzenspannung erhält man: $U = 4 * 0.31831 = 1.27324$ Volt.

Angenommen, der Anwender möchte die Ableitung einer Funktion finden, die nicht in der vorgegebenen Liste der transzendenten Funktionen verfügbar ist. Das sind z.B. Gleichungen mit Polynomen wie $f(x) = (1+x^2)/(x-2)$.

Es gibt dafür zwei Routinen: `Fract_1` und `Fract_2`. `Fract_1` enthält die Gleichung $(1+(Arg1)^2)$ und `Fract_2` enthält $(Arg1-2)$. Um nun die Ableitung von $f(x)$ an der Stelle $x=-1.25$ zu berechnen, stellt man folgendes Kommando auf:

```
Call Deriv(27, 25, 1, -1.25)
```

Wenn man diese frei definierten Funktionen differenzieren will, muss man für func_1=27 = `Fract_1` und für func_2=25 = `Fract_2` angeben. Das Produkt/Quotienten-Bit steht hier auf 1, was $f(x)=Fract_1/Fract_2$ einstellt. Schließlich ist noch $x=-1.25$ gesetzt für die Stelle, an der die Ableitung berechnet werden soll. Nach Ablauf der Routine sollte das Ergebnis 0.5266 sein.

Wo gibt es diese Routinen?

Alle Bascom-Mathematik-Routinen gibt es in Form eines einzigen .BAS-Files zum freien Download auf der Elektor Website [1].

(100143)

Weblink

[1] www.elektor.com/100143



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

Alles Spule!

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

MM Menting Mikroelektrik
 System für Elektronik
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

H-TRONIC

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

Anzeigenschluss:
 22. 03. 2011

Erscheinungstermin:
 20. 04. 2011

Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!

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

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



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



Laehn-Versand.de

schlanke Preise - fettes Angebot
Schnellversand ohne Mindestumsatz

Bauteile - Ersatzteile - Zubehör
 Fernbedienungen - Zeilentrafos
 HDTV DVB-T Sat Audio/Video
 Überwachungstechnik und vieles mehr.
www.Laehn-Versand.de

ELCOMP Austria

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



Kleiner Ingenieur
 Bauelemente, Bücher & Bastelideen für Kid's
www.kleiner-ingenieur.com

VTS – ELEKTRONIK GbR

Preiswerter Leiterplatten Service
info@vts-elektronik.de
www.vts-elektronik.de

HEXWAX LTD

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

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

LCDs und mehr
www.lcd-store.de
www.LC-Design.de
www.crystalfontz.de



mechapro

Unser Leistungsspektrum:

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

Kundenspezifische Lösungen entwickeln wir schnell und preiswert
 Fon: 0241/4091800 • Fax: 0241/4091803
www.mechapro.de • info@mechapro.de



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

Roboter-Bausätze mit AVR-Mikrocontrollern



NIBObee
 + ATmega16
 + ATtiny44

NIBO 2
 + ATmega128
 + ATmega88

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

www.anttronic.de



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

HAMEG Instruments

A Rohde & Schwarz Company

- Oszilloskope
- Netzgeräte
- RF-Messtechnik
- Systemgeräte

Great Value in Test & Measurement
www.hameg.com

Baugruppenbestückung vom Prototypen bis zur Serie
FS-ELECTRONIC.de

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

Reservieren Sie jetzt Ihre Jahresbuchung

Hexadoku Digest

Sudoku für Elektroniker

Diesen Monat ist unser Hexadoku etwas anders aufgebaut als sonst. Um das Rätsel zu lösen, müssen Sie zuerst die Lösungen von 16 bereits veröffentlichten Hexadokus eintragen. Wenn Sie alle Ziffern ermittelt haben, sollten Sie uns die Lösung gleich einsenden.

Diesmal gibt es 10 PSoC 5 FirstTouch Starterkits von Cypress zu gewinnen!

Unser ganz spezielles „Hexadoku Digest“ enthält 16 rosafarbene Streifen zu je 5 Kästchen. In die Streifen müssen Sie die Lösungen von 16 Hexadokus eintragen, die in Elektor von Januar 2009 bis Juni 2010 veröffentlicht wurden (ohne Sommer-Doppelheft 2009). Tipp: Falls Sie nicht (mehr) alle Lösungen greifbar haben, können Sie diese auch auf unserer Website finden (www.elektor.de/artikel). Füllen Sie das Diagramm mit seinen 16 x 16 Kästchen anschließend

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.

Unter den Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir diesmal besondere Preise. Sie müssen uns dazu nur die Zahlen in den grauen Kästchen einsenden!

Mitmachen und gewinnen!

Unter den internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir diesmal **zehn PSoC 5 FirstTouch Starterkits** (CY8CKIT-014) im Wert von 45 €, zur Verfügung gestellt von Cypress Semiconductor.



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 2011!

Die Gewinner des Hexadokus aus dem Januarheft stehen fest!

Die richtige Lösung ist: B278F.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: Walter Rothleitner aus Essen.

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen:

Claude Guyon, Ludovic Robichon und Chris Smith.

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

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

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

Die Vorschriften

Alle elektrischen Geräte müssen so konstruiert sein, dass sie die Bedingungen der DIN-VDE-0100-ff erfüllen. Die Vorschriften sollen der Gefahr eines elektrischen Schlages bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und im Fehlerfall vorbeugen. Dazu muss die Berührung von Teilen, die spannungsführend sind oder bei einem Fehler spannungsführend werden können, durch den Einsatz von Kapselung oder Abdeckungen oder durch das Anbringen dieser Teile an unzugänglichen Stellen ausgeschlossen werden. Eine Alternative stellt die Beschränkung von Spannungen und Strömen an absichtlich oder zufällig berührbaren Teilen durch eine Spannungs- und/oder Strombegrenzung oder Erdung dar.

Die Höhe des Stroms, der für den menschlichen Körper gefährlich werden kann, schwankt individuell je nach Art des Anschlusses an den Körper, der Frequenz und der Zeitspanne des Stromflusses. Ein Körperstrom größer als 30-mA sollte in jedem Fall durch geeignete Schutzmaßnahmen vermieden werden.

Geräte mit Netzspannungsanschluss werden in drei Schutzklassen (EN-60335-1, VDE-0700-1) eingeteilt, wobei die entsprechenden Netzteile zusätzlich zur Basisisolierung mit einer weiteren an die jeweilige Schutzklasse angepassten Schutzmaßnahme versehen sein müssen.

• Klasse I

Geräte der Schutzklasse I sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre berührbaren leitfähigen Teile, die im Falle des Versagens der Basisisolierung berührungsfähig werden können, mit dem Schutzleiter des Netzes (unter Umständen über ein flexibles Kabel) verbunden sind. So kann kein Teil beim Ausfall der Basisisolierung spannungsführend werden.

Hat das Gerät eine abnehmbare Anschlussleitung, dann muss der Gerätestecker einen voreilenden Schutzkontakt haben. Der grün/gelbe Schutzleiter darf niemals für eine andere Aufgabe als für die des Schutzleiters eingesetzt werden und keinen kleineren Querschnitt als die Versorgungsleiter haben. Zusätzlich zu dieser Maßnahme können Geräte der Schutzklasse I Teile mit doppelter oder verstärkter Isolierung enthalten. Auch Teile, die mit Schutzkleinspannung oder durch Schutzimpedanz geschützt sind (wenn leitfähige Teile berührt werden müssen), sind möglich.

• Klasse II

Geräte der Schutzklasse II haben keinen Schutzleiteranschluss. Der Schutz hängt nicht nur von der Basisisolierung, sondern auch von zusätzlichen Maßnahmen ab. Diese sind:

Isolierstoffumhüllung: Alle leitfähigen, berührungsfähigen Teile sind vom dauerhaften Isolierstoffgehäuse umschlossen. Es müssen alle leitfähigen und nicht leitfähigen Teile (Schrauben, Nieten, etc.), die die Isolierstoffhülle durchstoßen, innen mit doppelter oder verstärkter Isolierung abgedeckt sein. So ginge die Schutzisolierung verloren, falls z.B. eine Kunststoffschraube durch eine metallische ersetzt würde.

Metallumhüllung: Hier besteht das dauerhafte Gehäuse aus Metall, den zusätzlichen Schutz erhält man durch eine innere und durchgängige, doppelte oder verstärkte Isolierung.

Dritte Möglichkeit: Das Gerät enthält eine Kombination aus diesen beiden Varianten.

• Klasse III

Geräte der Schutzklasse III werden ausschließlich aus besonders zuverlässigen Stromquellen mit Schutzkleinspannung gespeist. Ortsveränderliche Transformatoren zur Speisung solcher Geräte müssen mit sicherer Trennung gemäß EN-60742 (EN-61558, VDE-0570, VDE-0551) ausgeführt sein. Betriebsmäßig Spannung führende Teile dürfen nicht mit dem Schutzleiter oder mit aktiven Leitern anderer Stromkreise verbunden sein. Stecker an Geräten der Schutzklasse III dürfen keinen Schutzleiteranschluss haben und auch nicht in Steckdosen für höhere Spannung passen. Wenn die Versorgungsspannung unter

25-V Wechselspannung oder unter 60-V Gleichspannung liegt, kann auf jeglichen Berührungsschutz verzichtet werden. Geräte der Schutzklasse-III, bei denen größere Spannungen auftreten (bis maximal 50-VAC oder 120-VDC, den Maximalwerten der Schutzklasse-III), müssen mit einem Schutz gegen direktes Berühren versehen sein.

Praktische Hinweise

• Netzeinführung

In der Praxis betreffen diese Sicherheitsregeln vor allem den Umgang mit der 230-V-Netzspannung. Oberstes Gebot sollte es sein, die netzspannungsführenden Teile so kompakt und stabil wie möglich zu halten. Dies kann durch komplette Netzspannungsgeratestecker erreicht werden. Diese Stecker sind mit bzw. ohne Schutzleiteranschluss und teilweise mit integrierter Primärsicherung und Netzschalter oder -filter im Handel erhältlich. Verzichtet man auf diese Gerätestecker, dann muss das Netzkabel mit einer wirksamen Zugentlastung ausgestattet sein. Bei Klasse-I-Geräten wird der gelb/grüne Schutzleiter direkt neben der Einführung an die PE-Klemme angeschlossen, diese hat eine leitende Verbindung zum Gehäuse und –wenn möglich– auch zum Transformator.

• Schalter

Der Netzschalter muss eine Spannungsfestigkeit von 250-VAC haben. Dieser Wert ist üblicherweise auf der Rückseite des Schalters neben dem Bemessungsstrom aufgedruckt. Weiterhin gibt der eingeklammerte Wert den Bemessungsstrom bei induktiver oder kapazitiver Last an. Beim Anschluss eines Motors muss also der eingeklammerte Wert beachtet werden. Die auf den Schaltern angegebene Spannung ist die Schaltspannung und betrifft nicht den Berührungsschutz. Im Bereich des Netzteils sollten nur Bauteile (Netzschalter, Sicherungsschalter etc.) mit VDE-Zeichen verwendet werden, da nur dieses Zeichen die Einhaltung der Kriech- und Luftstrecken nach außen garantiert. Alle Netzschalter sollten zweipolig sein. Es gibt zwar Ausnahmen für diese Regel (Stecker-Netzteile, etc.), die aber beim Geräteselbstbau eigentlich kaum Einsparmöglichkeiten bieten. Schmelzsicherungen und Bauteile von Netzstörfiltern müssen nicht, können und sollten aber möglichst mit ausgeschaltet werden.

• Verdrahtung

Die interne Verdrahtung der netzspannungsführenden Teile erfordert erhöhte Aufmerksamkeit. Die aktiven Leiter müssen einen Querschnitt von mindestens 0,75-mm² haben und entsprechend mehr je nach Gerätebemessungsstrom (Nennstrom). Der Schutzleiter hat den gleichen Querschnitt. Aus Sicherheitsgründen sind hier doppelt isolierte Netzkabel (H05VV-F) einfach isolierten (H05V-F, VDE 0292, HD-21/22) vorzuziehen. Die Adern sollten an der Kabeleinführung auf entsprechende Netzanschlussklemmen gelegt oder mit Flachsteckern am Gerätestecker angebracht bzw. an Platinenklemmen festgeschraubt werden. Keinesfalls sollte man das Netzkabel direkt an eine Platine löten oder einer mechanischen Spannung aussetzen.

Litzenenden, die in einer Klemme verschraubt werden, müssen einen Spießschutz (Aderendhülsen) haben. Verzinnen und Verdrehen ist als Spießschutz ungeeignet und unzulässig, weil das Lot kalt fließen kann.

Bei Klasse-I-Geräten ist darauf zu achten, dass der Schutzleiter mit allen berührbaren leitfähigen Teilen, also auch Potentiometerachsen und Kühlkörpern verbunden ist.

Weiterhin ist für eine ausreichende Entlüftung elektronischer Baugruppen zu sorgen. Lassen Sie niemals eine Schmelzsicherung weg, die im Schaltplan vorgegeben ist. Bei Eigenkonstruktionen sollte der Maximalstrom der trägen Primärsicherung etwa 25-% über dem Bemessungsstrom liegen. Muss sekundär abgesichert werden, ist der Maximalstrom der schnellen (bei induktiver oder kapazitiver Belastung aus mittelträgen oder trägen) Sicherung gleich dem Bemessungsstrom des Gerätes zu wählen.

Aus Sicherheitsgründen sollte man beim Selbstbau eines Gerätes nur Sicherheitstransformatoren bzw. Trenntransformatoren nach VDE-0570 (EN-61558) oder Netzteile nach EN-60950 einsetzen. Diese Transformatoren tragen folgende Symbole:



Sicherheitstransformator, kurzschlussfest



Trenntransformator, nicht kurzschlussfest

Bedingt kurzschlussfeste Transformatoren haben eine eingebaute Temperatursicherung (Temperaturbegrenzer) oder sie müssen mit einer definierten Sicherung beschaltet (geschützt) werden.

Nicht kurzschlussfeste Transformatoren müssen nach Herstellerangaben eingangs- und ausgangseitig abgesichert werden.

Bei der Verdrahtung der Eingangsseite (Netzseite) eines Transformators muss man die aktiven Leiter zusätzlich so befestigen, dass sie unter keinen Umständen die Sekundärseite berühren können (Sicherheitsabstände großzügig dimensionieren, >1-cm).

Spartransformatoren sollten nicht für die Versorgung von Geräten verwendet werden, weil bei ihnen die galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgangsseite fehlt.

Je nach Bauart können Transformatoren auch schon in die Schutzklassen-I bis III eingeteilt werden, was den Gerätebau zusätzlich erleichtert.

Prüfen, Messen und Testen

Elektrische Geräte müssen in regelmäßigen Zeitabständen, die sich nach der Gebrauchshäufigkeit richten, sicherheitstechnisch überprüft werden. Darunter fällt die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems (Prüfstrom 25-A, Schleifenwiderstand <0,1-Ω alternativ nach VDE-0701), aber auch der Zustand und feste Sitz der internen Verdrahtung.

Bei Eingriffen in das Gerät zu Mess-, Test- oder Reparaturzwecken müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Das Gerät versorgt man dann möglichst über einen Trenntransformator gemäß EN-61558. An einen Trenntransformator darf nur ein Verbraucher (max. 16-A) angeschlossen werden. Außerdem sollte jeder Arbeitsplatz mit einem Personenschutzschalter ausgestattet sein. Ein Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) mit einem Auslösestrom von 30-mA verspricht ebenfalls ausreichende Sicherheit.

(060037-1E)

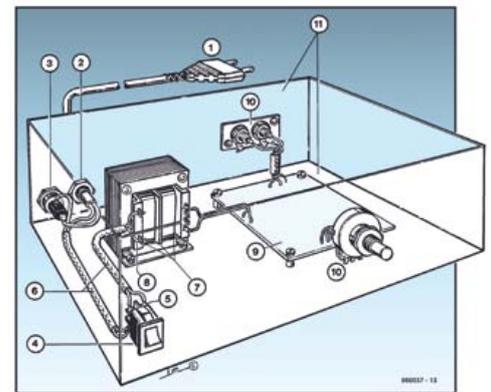
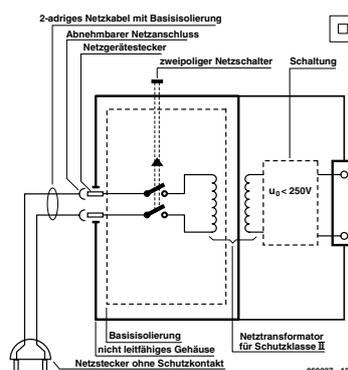
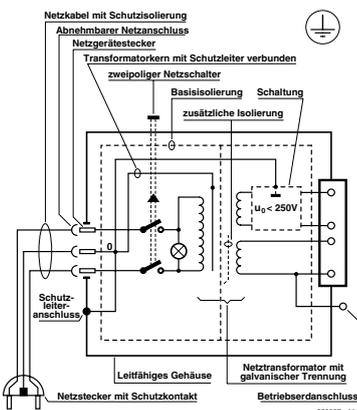


Bild-3. Beispiel für ein Klasse-II-Gerät.

- 1 Netzkabel mit angemessenem 2-poligen Eurostecker
 - 2 Zugentlastung
 - 3 Sicherungshalter
 - 4 zweipoliger Netzschalter (für Klasse-II geeignet)
 - 5 Anschluss am Netzschalter durch Flachstecker und Zugentlastung
 - 6 Netzkabel mit doppelter Isolierung
 - 7 Abstand zwischen Primäranschlüssen zum Transformator oder anderen Bauteilen mindestens 6-mm (bei Sekundärspannungen <250-V)
 - 8 Kabel mit mindestens 0,75-mm² Kupferquerschnitt bei Stromaufnahme <6-A.
 - 9 Platine wird sicher am und in ausreichendem Abstand (>6-mm, Lötspickel, Durchbiegung berücksichtigen) vom Gehäuseboden befestigt.
 - 10 Berührbare Teile (Potentiometerachsen, Buchsen) dürfen leitend mit dem Gehäuse verbunden werden.
 - 11 Kunststoffgehäuse.
- Bei Metallgehäusen ist eine doppelte Isolation des Primär- vom Sekundärkreis notwendig.



• Transformatoren

Der schlechteste Fernseher aller Zeiten

Von Karel Walraven (NL) [1]

In den 1950ern kursierten viele Selbstbauanleitungen für elektronische Geräte. Sie waren auf großen Papierbögen mit bis zu einem Meter Breite gedruckt. In den Niederlanden wurden solche Pläne von verschiedenen Firmen verkauft, da man erkannte, dass man damit den Bauteil-Umsatz steigern konnte. Eine dieser Firmen war Amroh, ursprünglich ein Transformator-Hersteller. Das Magazin *Electronica Wereld* – der Vorgänger von *Elektor (Elektuur)* in den Niederlanden – erschien 1961 [2] zum ersten Mal. Gründer und erster Chefredakteur war Bob van der Horst. Er hatte ein Faible für die Veröffentlichung von Artikeln zu so vielen Themen wie nur möglich. Eine Artikelreihe drehte sich um einen Selbstbau-Fernseher [3] mit der einfachsten denkbaren Schaltung und entsprechend bescheidenen Daten: Ein Bildschirm mit 7 cm Diagonale, 1 MHz Band, „breite“ und 312 Zeilen Auflösung! Dieser Mächtegern-Fernseher wurde als Serie beginnend mit der Ausgabe Nummer 7 veröffentlicht. Im Dezember 1962 gab es außerdem Schaltplan und Anleitung komplett für zweieinhalb Gulden zu kaufen [4]. Damals war ich gerade 14 oder 15 Jahre alt. Ich wusste fast nichts über Elektronik, aber die Idee eines selbstgebauten Fernsehers faszinierte mich. In unserer Straße hatten damals nur wenige Leute einen eigenen Fernseher – die Besitzer konnten leicht anhand der imposanten Antennen auf dem Dach identifiziert werden. Ihre Masten waren locker 5 m hoch oder mehr. So kam es, wie es kommen musste: Von keinem Wissen gebremst, begann ich, die erforderlichen Bauteile zu sammeln. Das war nicht so einfach, denn ich hatte nicht nur keine Ahnung, sondern auch wenig Geld. Zum Glück „fand“ ich eine Menge Radio-Röhren hinter unserem Haus. Röhren-Hersteller wie Philips und Telefunken plagte damals die Paranoia, dass irgendwelche Bösewichte alte Röhren in neue (unversiegelte) Schachteln stecken und als neu verkaufen könnten. Aus diesem Grund war es nicht erlaubt, Röhren und ihre Verpackungen in den normalen Müll zu geben. Händler waren dazu verpflichtet, alles selbst zu vernichten. Das Radio- & Fernseh-Geschäft hinter dem Haus meiner Eltern erledigte dies gewissenhaft so: Der Abfall wurde hinter dem Haus im Garten gesammelt und jeden Freitag Nachmittag

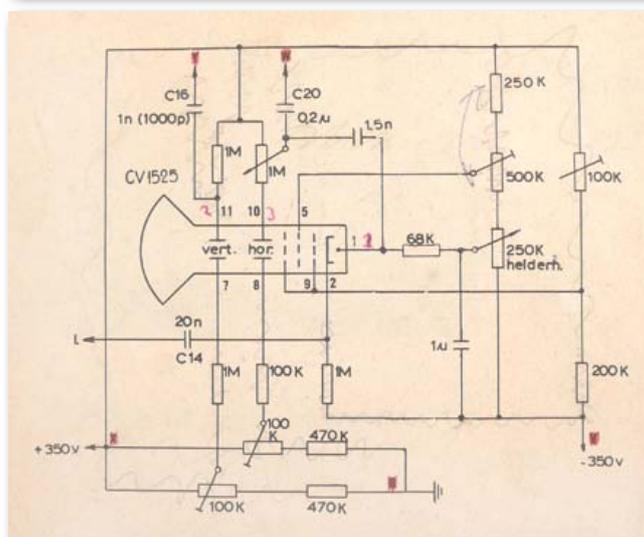
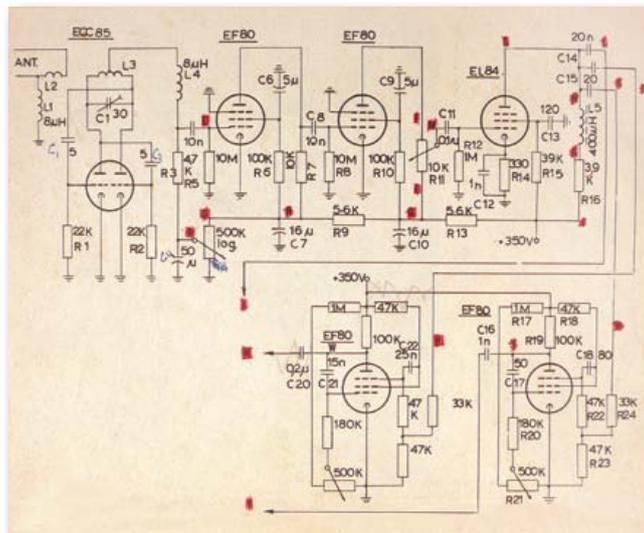
verbrannt. Mit 14 lässt man sich durch ein paar Zäune nicht aufhalten, und daher verfügte ich bald über eine ordentliche Röhrensammlung. Zu meiner Freude waren viele Exemplare nicht defekt. Sie waren vorsorglich ausgetauscht worden (vermutlich war der Kathodenstrahl schwach).

Der Bau des Fernsehers war sehr klar beschrieben. Es gab sogar dreidimensionale Zeichnungen (heutige Platinen machen das überflüssig). Der Aufbau selbst war also nicht sonderlich schwierig. Der Apparat bestand aus mehreren kleinen Modulen – jedes mit einer Röhre und ein paar Bauteilen ausgestattet. Das Prinzip war leicht zu verstehen. Man konnte sogar fertige Platinen kaufen – ich konnte sie mir bloß nicht leisten. Eine Pertinax-Platte im Format DIN A4 kostete aber nur einen Gulden. Damit realisierte ich meine Module. Ich brauchte nur noch Löcher zu bohren sowie Hohlknoten und Lötflächen anzubringen, was so gut wie nichts kostete.

Das Spulenwickeln machte keine Probleme, aber ich musste noch eine Drossel (L5) kaufen. Und es war damals schon so wie heute: Der Verkäufer im Elektronik-Laden hatte keinen Dunst von Spulen.

Die einzige teure Komponente war die Bildröhre vom Typ CV1425, die man damals als Restposten aus NATO-Beständen schon für 15 Gulden erstehen konnte. Ich hätte lieber eine Bildröhre des Typs DG7-32 eingesetzt, da sie trotz geringerer Versorgungsspannung empfindlicher war, doch das war jenseits meines Budgets. Ich hatte es also mit einer potentiell tödlichen Spannung von 700 V zu tun – mein Instinkt (=Angst) ließ mich überleben. Ich kann mich noch immer gut daran erinnern, wie der Fernseher rechts neben meinem Kopfkissen stand – selbstverständlich ohne Gehäuse.

Ich kam schnell an den Punkt, wo ein „Bild“ auf dem Schirm auftauchte. Es war weniger ein TV-Bild als ein paar schmale Streifen, die mit viel Optimismus als grünes Rechteck durchgingen. Die Anleitung versprach also nicht zu viel: „Sie können keine hohe Qualität erwarten“. Das störte mich nicht weiter. Das Bewußtsein, dass ich so etwas Unerschwingliches wie



einen Fernseher besaß, machte mich richtig High. Dass die Anleitung zum HF-Teil für viele Selbstbauer schwierig war,

einen Fernseher besaß, machte mich richtig High. Dass die Anleitung zum HF-Teil für viele Selbstbauer schwierig war,

(1962)

zeigte sich auch bei mir: Ich war so sicher, dass fast die gesamte Schaltung gut funktionierte, denn ein Test mit einem Rechteckgenerator produzierte ein schönes Schwarz-Weiß-Bild (bei mir: schwarz & grün). Aber ich bekam einfach den Empfangsteil nicht recht zum Laufen. Die Schwierigkeiten fingen schon mit dem 500-k Ω -Poti an, mit dem der Empfänger bis an den Punkt gefahren wird, an dem er anfängt zu oszillieren. Dies führte regelmäßig dazu, dass das Poti durchbrannte. Noch etwas sorgte für Kopfzerbrechen: Die Anleitung enthielt eine Menge Lösungen für potentielle Probleme und in einer Ecke standen hierfür etliche korrigierte Bauteilwerte. Ich probierte alle Lösungen und alle Werte aus, doch ohne Erfolg. Das Schlimmste war, dass ich absolut keine Idee hatte, wie ich den Empfänger auf den gewünschten Sender auf VHF Kanal 4 [5] abstimmen konnte. Laut Anleitung musste ich für die richtige Frequenz die Spulen zusammendrücken oder auseinanderziehen. Leider war der Sender gut 100 km entfernt und das Signal daher so schwach, dass es unklar war, ob der Empfänger das überhaupt empfangen könnte, wenn er gut funktionieren würde. Zu allem Übel hatte ich auch keine Antenne auf einem hohen Mast zur Verfügung. Ich musste mit einem Stück Flachkabel auf einem Brett außerhalb des Fensters meines Schlafzimmers vorlieb nehmen. Es dürfte daher nicht überraschen, dass ich – egal was ich unternahm – nie ein Bild auf meinem Fernseher zu sehen bekam.

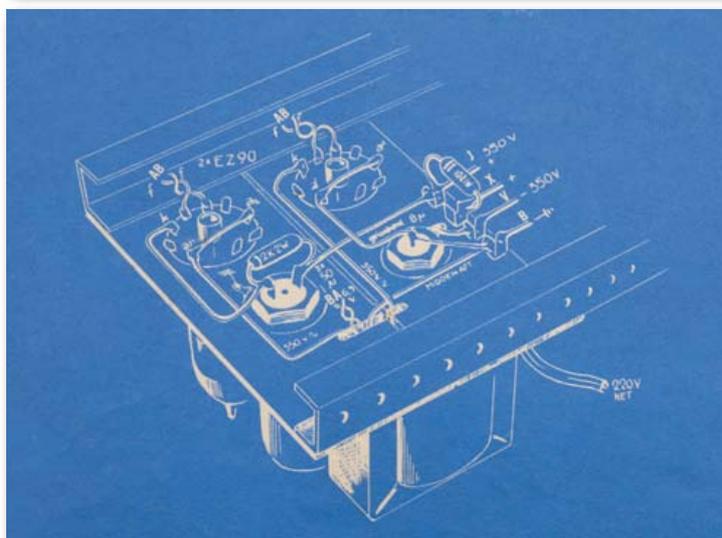
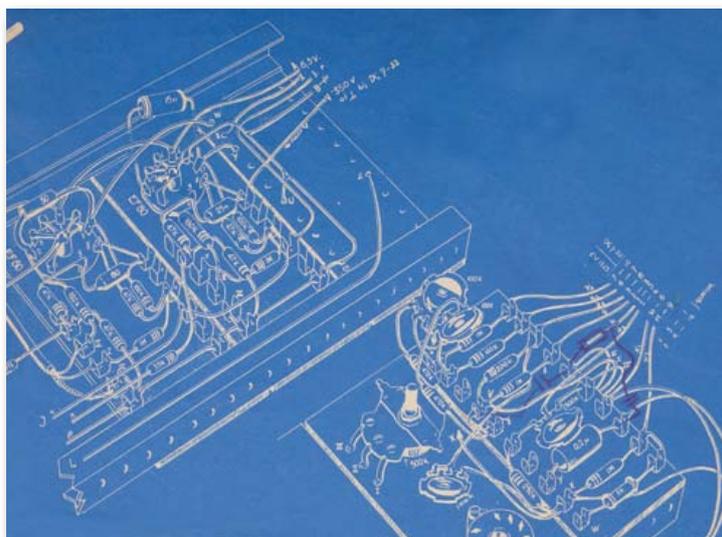
Trotzdem war ich nicht enttäuscht. Die ganze Geschichte war doch sehr spannend, und schon bald war ich von meinem nächsten Projekt gefesselt. Außerdem lernte ich eine Menge. Dass der Fernseher nicht funktionieren wollte, zwang mich zum Nachdenken und zum Verstehen der Schaltung. Ich kann mich gut daran erinnern, wie aufregend es war, zum ersten Mal einen sich bewegenden Punkt auf dem Bildschirm zu sehen. Das war doch der Beweis dafür, dass tatsächlich unsichtbare

Partikel auf der Phosphorschicht der Bildröhre einschlugen. Meine Mutter hatte eine andere Sicht der Dinge. Sie fragte mich: „Brauchst Du wirklich all das Zeug, um so wenig Licht zu machen?“

Jahre später recycelte ich Bildröhre und Netzteil, als ich ein Selbstbau-Oszilloskop in Angriff nahm. Dabei handelte es sich um ein Projekt mit der schönen Bezeichnung „Glühwürmchen“ einer konkurrierenden Zeitschrift.

(100748)

Wer an historischen Schaltungen interessiert ist: Das „Worst TV Ever“ wurde eingescannt und kann kostenlos von www.ektor.de/100748 heruntergeladen werden. Die Unterlagen sind in niederländischer Sprache.



Fußnoten

[1] Karel Walraven war Cheftwickler und Chefredakteur von „elektuur“. Dieser Artikel erinnert an seine eindrucksvolle Arbeit für elektuur und Elektor in den Jahren von 1974 bis 2006.

[2] Die Namensänderung zu Elektuur erfolgte im November 1964 aus rechtlichen Gründen. Es gab damals eine englische Zeitschrift namens Electronic World. Elektuur wurde zur Keimzelle aller internationalen Ausgaben von Elektor, und die daraus hervorgegangene Elektor International Media B.V. feiert in diesem Jahr 50-jähriges Jubiläum.

[3] Umfang etwas weniger als zwei Elektor-Ausgaben.

[4] Röhren-Bestückung: ECC85, EF80 (4x), EL84, ECF80, CV1425.

[5] Der damals einzige Hochleistungs-Fernsehsender der Niederlande stand in IJsselstein. Bildträger 67,25 MHz, Antennenhöhe etwa 250 m über dem Meeresspiegel.

Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik in einem Shop!



Einstieg in die Welt der Mikrocontrollerprogrammierung

Das MSP430 Mikrocontroller Buch

Moderne Mikrocontroller werden immer leistungsfähiger und können vielfältige Aufgaben übernehmen, für die vor wenigen Jahren noch ein kompletter Computer nötig gewesen wäre. Gerade für die Entwicklung tragbarer Geräte bringt die Prozessorfamilie der MSP430-Mikrocontroller von Texas Instruments alle nötigen Peripheriekomponenten integriert mit, um ohne aufwendige externe Beschaltung komplexe Funktionen einfach zu realisieren. Die RISC-Architektur des Prozessors ist dabei ganz auf Rechengeschwindigkeit, aber gleichzeitig auch auf Energie-Effizienz getrimmt. Dieses Buch eröffnet einen schrittweisen Einstieg in die Welt der Mikrocontrollerprogrammierung und führt mit ausführlichen Anwendungsbeispielen in die Fähigkeiten dieser außergewöhnlichen Prozessorfamilie ein.

296 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-236-9 • € 42,00 • CHF 57,20



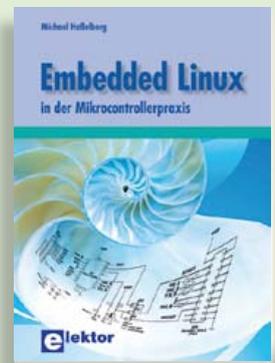
Topseller

Callbacks, Fließkommafunktionen und BCD-Arithmetik

Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller

Mit jeder neuen Controllergeneration nimmt die Anzahl der bereitgestellten Interrupts zu. Eine Möglichkeit Interrupts zu organisieren, um dieser Zunahme Herr zu werden, nämlich der Einsatz von Callbacks und Callback Chains, wird im ersten Teil des Buches vorgestellt. Es folgt die Ergänzung und Erweiterung der Fließkommaarithmetik aus dem ersten Buch der Reihe „Systemprogrammierung“ mit den wichtigsten mathematischen Funktionen.

319 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-243-7
€ 42,00 • CHF 57,20



Linux goes Embedded

Embedded Linux in der Mikrocontrollertechnik

Linux auf dem Desktop – das ist heute leicht und einfach möglich. Embedded Linux ebenso, auch wenn es kompliziert erscheint. Dieses Buch gibt allen Interessierten Hilfestellung, die Linux auf einer Embedded-Plattform installieren und nutzen möchten. Das im Buch vorgestellte System arbeitet mit der Toshiba-ARM9-Familie.

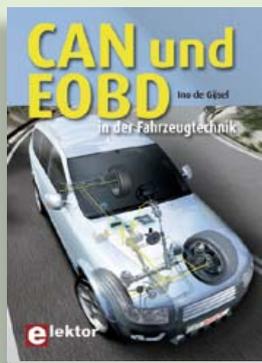
304 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-208-6
€ 44,00 • CHF 59,90



Statische Datenstrukturen –
vom Bit zur mehrdimensionalen Tabelle
AVR-Programmierung 2

Das zweite Buch der Reihe zur Programmierung von AVR-Mikrocontrollern ist den statischen Datenstrukturen gewidmet. Dazu zählen die ein- und zweidimensionalen Tabellen. Breiter Raum ist aber auch den Datenstrukturen mit Bits gegeben, die nicht nur auf klassische Weise zur Implementierung von Mengen, sondern sogar zur Realisierung von Methoden der Graphentheorie eingesetzt werden.

332 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-230-7
€ 46,00 • CHF 62,60



Professionelle Kfz-Fehlerdiagnose
**CAN und EOBD in
der Fahrzeugtechnik**

In diesem Buch werden Funktion und Aufbau des CAN-Protokolls sowohl im Hard- als auch im Software-Bereich ausführlich beschrieben. Dabei kommen die damit verbundenen Themen wie „Aufbau eines CAN-Berichtes“, „Prioritätsregelung“ und „physikalische Verbindung“ nicht zu kurz. Neben dem CAN-Bus ist EOBD-via-CAN ein vorherrschendes Thema. Wie funktioniert EOBD und welche diagnostischen Gegebenheiten sind mithilfe eines Diagnostestesters zugänglich?

275 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-242-0
€ 39,00 • CHF 53,10



Konzeption – Realisation – Evaluation
**Der Entwurf von
Röhrenverstärkern**

Auch heute noch klingen Röhrenverstärker zweifellos phantastisch. Gegenwärtig verfügen wir über moderne Bauteile und Materialien, wie z.B. Ringkern-Ausgangsübertrager, hochwertige Widerstände, Kondensatoren und allerlei, die Übertragungseigenschaften nicht beeinflussende Drahtsorten. Dieses Buch behandelt nicht nur die Theorie, sondern richtet die Aufmerksamkeit auf die Entwurfsphase von Verstärkern, innerhalb derer die projektierten Eigenschaften und gestellten Anforderungen formuliert werden müssen.

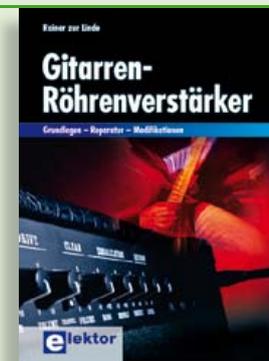
187 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-237-6
€ 38,00 • CHF 51,70



Schaltungsentwurf mit FPGA-Bausteinen
Hardware-Design mit FPGA

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

274 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-209-3
€ 42,00 • CHF 57,20



Grundlagen – Reparatur – Modifikationen
Gitarren-Röhrenverstärker

Obwohl subjektive Qualitätskriterien für „guten Sound“ rational kaum fassbar sind, sind die technischen Zusammenhänge eindeutig. Dieses Buch deckt diese Zusammenhänge in Theorie und Praxis auf. Es richtet sich an den technisch ambitionierten Musiker ebenso wie an denjenigen, der sich mit dieser außerordentlich interessanten Verstärkertechnik näher befassen möchte. Neben unverzichtbaren Funktionsbeschreibungen findet der Leser Anleitungen zur Fehlersuche und Instandsetzungstechnik.

253 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-241-3
€ 42,00 • CHF 57,20

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

www.elektor.de

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





NEU!

Kompletter Elektor-Jahrgang 2010 auf DVD

Elektor-DVD 2010

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2010. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2010 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 978-90-5381-267-9 • € 27,50 • CHF 37,40



Mehr als 75 Stromversorgungsschaltungen

The Power Supply Collection 1

Diese CD-ROM enthält mehr als 75 verschiedene Stromversorgungs-Selbstbauprojekte, die in den Jahren 2001-2005 in der Elektronik-Zeitschrift „Elektor“ erschienen sind. Aus dem Inhalt: „CuKonverter“ und andere Konverter, Hochspannungsnetzteil, digitales Netzgerät u. a.

ISBN 978-90-5381-265-5 • € 21,50 • CHF 29,30



NEU!

Netzer

(Elektor Dezember 2010)

Diese Schaltung ist rund um einen PIC 18-Controller aufgebaut, der mit einem integrierten Ethernet-Transceiver ausgestattet ist. Die frei erhältliche C-Softwarebibliothek zur Implementierung des TCP/IP-Stacks wurde noch um einige Funktionen erweitert. Außerdem gehört zu diesem Projekt noch ein µC-Webserver, der Zustände an den Pins signalisieren und ändern kann, womit sich über das Internet schalten und walten lässt. Darüber hinaus lässt sich das Modul aber auch als „Netzwerk-Modem“ für einen anderen Controller nutzen. Für fortgeschrittene User gibt's SPI-Kommunikation, PoE und mehr.

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 100552-91 • € 59,95 • CHF 81,60



Elektor-DSP-Radio

(Elektor Juli/August 2010)

Ein Weltempfänger ohne Abgleich? Digital Signal Processing (DSP) macht's möglich. Alle wesentlichen Funktionsgruppen befinden sich im DSP-Radiochip Si4735 auf einer Fläche von nur 3 mm x 3 mm. Dazu kommen ein Bauteil mit LCD, ein Stereo-NF-Verstärker und die erforderlichen Schnittstellen, damit der Empfänger optional auch über den PC gesteuert werden kann.

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 100126-91 • € 164,00 • CHF 223,10



Digitales Multi-Effektgerät

(Elektor September 2010)

Mit dem richtigen Audioeffekt klingt jede Aufnahme einfach besser. Dass man Hall, Chorus, Flanger und vieles mehr digital erzeugen kann, ohne einen DSP auf dem Zahnfleisch programmieren zu müssen, beweisen wir mit diesem Gerät. Dieses Projekt ist rund um einen hochintegrierten Effekt-Chip aufgebaut und verfügt über ein intelligentes User-Interface mit LCD.

Bausatz mit allen Bauteilen, inkl. Platinen und progr. Controllern und EEPROM

Art.-Nr. 090835-71 • € 185,00 • CHF 251,60



OBD2-Mini-Simulator für PWM/ISO/KWP2000

(Elektor Juni 2010)

Wer Hardware oder Software zur Kfz-Diagnose entwickeln oder testen möchte, benötigt eine OBD2-Signalquelle. Hier kommt unser OBD2-Mini-Simulator ins Spiel, der eine moderne Pkw-Motorsteuerung (ECU) emuliert und bis zu vier verschiedene OBD2-Protokolle bereitstellt. Der Simulator kann auch die Signale einer ausgelösten MIL mit Fehlerpeicher, Freeze-frame-Umgebung und einer einstellbaren Anzahl von Fehlercodes liefern.

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

Art.-Nr. 080804-71 • € 99,95 • CHF 136,00

März 2011 (Nr. 483) €

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

Februar 2011 (Nr. 482)

Wecken mit Licht

080850-1 Platine 32,50
 080850-41 Prog. ATmega168-20PU 9,95

Mini-Webserver mit BASCOM-AVR

090773-91 Minimod 18: SMD-bestückte Platine
 inkl. vorprogr. Controller mit Bootloader 62,95

Ultimative Morsetaste(n)

100087-41 Prog. PIC16F688-I/P 9,95

TimeClick

100371-1 Platine 39,95
 100371-41 Prog. ATtiny861-20SU 11,95

Telefon/VoIP-Adapter mit Linux

100761-1 Platine 9,15
 100761-41 Prog. PIC18F2550-I/SO 15,00

MIAC-gesteuerte Fußbodenheizung

MI0235 MIAC-Modul inkl. Software „Flowcode 3 für PIC“ 185,00
 MI1472 MIAC-Modul inkl. Software „Flowcode 4 für PIC“ 309,00
 MI3487 3 MIAC-Module inkl. Software „Flowcode 4 für PIC“ 669,95

Januar 2011 (Nr. 481)

Stimmenverzerrer

070859-41 Progr. Controller 6,50

EKG drahtlos

080805-1 Platine 9,95

Nixie-Thermometer

090784-1 Platine 13,95
 090784-41 Progr. Controller AT89C2051/24PU 9,95

Motherboard für Arduino Nano

100396-1 Platine 19,95

Kopfhörerverstärker mit Standard-Bauteilen

100500-71 Gehäuse „ProjectCase“ 17,80
 100701-1 Platine 9,95

ATM18-Lehrplatine

100742-1 Platine 29,95

Dezember 2010 (Nr. 480)

ARM-Fernbedienung

080632-91 ECRM40-Modul (bestückt und getestet) 44,50

Heizungs-Wärmemesser

090328-41 Progr. Controller ATmega328-20AU (TQFP32-08) 12,95

Fan-Flash

100127-1 Platine 4,95
 100127-41 Progr. Controller ATtiny2313 9,95

Netzter

100552-91 Bestückte und getestete Platine 59,95

Drehzahlregler für kleinen Gleichstrommotor

100571-41 Progr. Controller ATtiny44-20PU 9,95

Modulare LED-Laufschrift

100664-41 Progr. Controller MC9S08SH32CWL 9,95

November 2010 (Nr. 479)

O2-Messgerät mit Minimod18

090773-91 SMD-bestückte Platine inkl. vorprogr. Controller
 mit Bootloader 62,95

Flugschreiber

071035-91 SMD-bestückte Platine (ATM18-Controllermodul) 12,50
 090773-91 SMD-bestückte Platine inkl. vorprogr. Controller
 mit Bootloader 62,95
 100653-1 Platine 15,00

Der 5532-Power-OpAmpLifier

100124-1 Verstärkerplatine (ein Kanal) 24,95
 100124-2 Stromversorgungsplatine 19,95

Oktober 2010 (Nr. 478)

Intervallometer für Fotoapparate

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

Bestseller

Bücher	1		Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller ISBN 978-3-89576-243-7 € 42,00 CHF 57,20	
	2		Gitarren-Röhrenverstärker ISBN 978-3-89576-241-3 € 42,00 CHF 57,20	
	3		Embedded Linux in der Mikrocontrollertechnik ISBN 978-3-89576-208-6 € 44,00 CHF 59,90	
	4		AVR-Programmierung 2 ISBN 978-3-89576-230-7 € 46,00 CHF 62,60	
	5		CAN und EOBD in der Fahrzeugtechnik ISBN 978-3-89576-242-0 € 39,00 CHF 53,10	
Bausätze & Module	CD- & DVD-ROMs	1		Wireless-Toolbox ISBN 978-90-5381-268-6 € 32,50 CHF 44,20
		2		The Power Supply Collection 1 ISBN 978-90-5381-265-5 € 21,50 CHF 29,30
		3		The Audio Collection 3 ISBN 978-90-5381-263-1 € 21,50 CHF 29,30
		4		Workshop-DVD Röhren 2 ISBN 978-3-89576-235-2 € 29,80 CHF 40,60
		5		Elektor-DVD 2009 ISBN 978-90-5381-251-8 € 27,50 CHF 37,40
1		Netzter Art.-Nr. 100552-91 € 59,95 CHF 81,60		
2		Bluetooth für OBD-2-Analyser NG Art.-Nr. 090918-71 € 29,95 CHF 40,80		
3		Elektor-DSP-Radio Art.-Nr. 100126-91 € 164,00 CHF 223,10		
4		Digitales Multi-Effektgerät Art.-Nr. 090835-71 € 185,00 CHF 251,60		
5		Geschaltetes Labornetzteil Art.-Nr. 090786-71 € 71,50 CHF 97,30		

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



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



HF-Frequenz- und Pegel-Messer

Dieser Beitrag beschreibt ein Messgerät für HF-Signalpegel und Signalfrequenzen. Das Gerät misst Frequenzen im Bereich von 50 MHz bis 3 GHz auf 1 ppm genau – das sind 0,0001 %! HF-Pegel werden in einem Bereich von +10 dBm bis -40 dBm gemessen. Die Anzeige der Messwerte erfolgt auf einem dreizeiligen LCD.

Im Frequenzmessteil wird ein CPLD von Altera eingesetzt, während die Pegelmessung mit Hilfe eines logarithmischen Detektors von Linear Technology erfolgt. Die digitale Verarbeitung der Messwerte und die Ansteuerung des LC-Displays übernimmt ein dsPIC.



Pico-C-Meter

Jedes bessere Multimeter hat heutzutage auch einen Kapazitätsmessbereich. Allerdings sind diese Kapazitätsmessungen nicht sehr genau, und das Messen kleiner Kapazitäten ist ebenfalls meist nicht möglich. Ganz im Gegensatz zu unserem Pico-C-Meter. Obwohl es sehr einfach aufgebaut ist und sich ebenso einfach bauen lässt, kann man Kapazitäten bis zu einem Wert von 0,1 pF messen. Ein intelligentes kleines Programm in einem ATtiny-Mikrocontroller macht das Unmögliche möglich...



IR-Thermometer im Test

Wir sind uns ziemlich sicher, dass Sie noch keinen Test von IR-Thermometern gelesen haben. Der erscheint nämlich erst im nächsten Heft...

IR-Thermometer sind gerade in der Elektronik sehr hilfreich, da man damit die Oberflächentemperatur von Bauteilen, Baugruppen und Geräten auch aus größerem Abstand messen kann. Dazu muss man aber sicher sein, dass das Gerät richtig verwendet wird und richtig misst, sonst handelt man sich unter Umständen große Fehler ein, ohne es zu merken. Wir informieren über die richtige Handhabung und die Genauigkeit der Geräte selbst. Der Test umfasst 20 Geräte bekannter und weniger bekannter Hersteller im Preisbereich bis etwa 200 €.



Elektor April erscheint am 16.03.2011.

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Ein Verzeichnis finden Sie unter www.blauerglobus.de. Sie können Elektor auch direkt bei www.elektor.de bestellen.

Änderungen vorbehalten!



Abo-Service: Marleen Brouwer
E-Mail: abo@elektor.de

Bestellannahme und Bestellservice: Peter Custers
E-Mail: bestellung@elektor.de
Tel. +49 241 88 909-66

Geschäftszeiten
Montag – Donnerstag von 08:30 bis 17:00 Uhr
Freitag von 08:30 bis 12:30 Uhr
Tel. +49 241 88 909-0
Fax +49 241 88 909-77

Unser Kundenservice berät Sie bei allen Fragen zu Bestellungen, Lieferterminen und Abonnements. Änderungen, Reklamationen oder besondere Wünsche (wie z. B. Geschenkabonnement) richten Sie ebenfalls an den Kundenservice. Vergessen Sie bitte nicht, Ihre Kundennummer anzugeben – falls vorhanden.

Einzelheft

Deutschland	€ 7,40
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 8,20
Schweiz	CHF 14,30

Jahresabonnement-Standard

Deutschland	€ 77,50
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 84,50
Schweiz	€ 97,50
Andere Länder	€ 102,50

Jahresabonnement-PLUS

Deutschland	€ 95,00
Österreich, Belgien, Luxemburg	€ 102,00
Schweiz	€ 115,00
Andere Länder	€ 120,00

Probeabonnement

Alle Länder (zzgl. Porto)	€ 14,90
---------------------------	---------

Studentenabo-Standard

Deutschland	€ 62,00
Österreich	€ 67,60
Schweiz	€ 78,00

Studentenabo-PLUS

Deutschland	€ 79,50
Österreich	€ 85,10
Schweiz	€ 95,50

Upgrade zum Abo-PLUS

Alle Länder	€ 17,50
-------------	---------

Jahres- und Studentenabonnements (11 Hefte) dauern immer 1 Jahr und verlängern sich automatisch um weitere 12 Monate, wenn nicht spätestens 2 Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bankverbindungen

Commerzbank Aachen
Konto 1 201 102 (BLZ 390 400 13)
IBAN: DE89 3904 0013 0120 1102 00
BIC: COBADEFFXXX

Postgiro Köln
Konto 229 744-507 (BLZ 370 100 50)
IBAN: DE17 3701 0050 0229 7445 07
BIC: PBNKDEFF

Ja, ich möchte Elektor im Jahresabonnement

03/2011

(11 Hefte / inkl. Doppelheft Juli/August) pünktlich und zuverlässig frei Haus beziehen.
 Im Vergleich zum Einzelheftkauf am Kiosk spare ich beim Standard-Abonnement € 10,00 (bei der PLUS-Variante sogar € 25,00). Als Dankeschön erhalte ich das Elektor-Buch "Software Defined Radio" (sofort nach Zahlung der Abonnementsrechnung) gratis zugeschickt.

Bitte wählen Sie Ihr Jahresabonnement aus:

Jahresabonnement-Standard für nur € 77,50

Jahresabonnement-PLUS (inkl. Jahrgangs-DVD 2011 ** + exklusiver Online-Zugang zu Elektor-Plus.de) für nur € 95,00

TIPP

Zahlungsweise Rechnung Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank

Konto

BLZ

Datum, Unterschrift

*Das Abonnement verlängert sich automatisch um 12 Monate, wenn nicht spätestens zwei Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.
 ** Diese DVD-ROM wird Ihnen sofort nach Erscheinen (Februar 2012) zugeschickt.

Ja, ich möchte Elektor kennenlernen!

03/2011

Ich erhalte die nächsten 3 Ausgaben für nur € 14,90 pünktlich und zuverlässig frei Haus.*

Wenn Sie innerhalb von 1 Woche nach Erhalt der dritten Ausgabe nichts von mir hören, möchte ich Elektor im Jahresabonnement für nur € 77,50 weiter beziehen.

Zahlungsweise Rechnung Bankeinzug (gilt nur für D)

Bank

Konto

BLZ

Datum, Unterschrift



*Dieses Angebot gilt nur, wenn Sie während der letzten 12 Monate noch nicht Abonnent waren.

Elektor-Bestellkarte

03/2011

Ich bestelle folgende Elektor-Produkte:

Diesen Streifen an den unten stehenden Streifen kleben!

Bezeichnung	Preis	Anzahl	Gesamtpreis
DVD Wireless-Toolbox	NEU € 32,50		
Elektor-DVD 2010	NEU € 27,50		
Das MSP430 Mikrocontroller Buch	NEU € 42,00		
Systemprogrammierung II für AVR-Mikrocontroller	€ 42,00		
Gitarren-Röhrenverstärker	€ 42,00		
The Power Supply Collection 1	€ 21,50		
CAN und EOBD in der Fahrzeugtechnik	€ 39,00		
Embedded Linux in der Mikrocontrollertechnik	€ 44,00		
Elektor-Gesamtkatalog			€ 5,00
	zzgl. Porto- und Versandkosten		€ 5,00
	Gesamtbetrag		€

Datum: _____ Unterschrift: _____

Tragen Sie bitte Ihre Anschrift auf der Rückseite ein!

Diesen Streifen an den oberen Streifen kleben!

Elektor-PCB-Service

Die Adresse für Platinen, Prototypen und Multilayer

Möchten Sie Ihre selbst entworfene Platine schnell und zuverlässig geliefert bekommen? In Kleinserie und dabei zu einem unschlagbar günstigen Preis? Bestellen Sie jetzt Ihre individuelle Platine beim Elektor-PCB-Service!



Überzeugen Sie sich selbst vom Elektor-Leiterplatten-Service – jetzt unter

www.elektorpcbservice.de!

Elektor-PCB-Service ist der Leiterplatten-Service von Elektor! Über die Website www.elektorpcbservice.de können Sie Ihren Entwurf als professionelle Platine herstellen lassen. Der Elektor-PCB-Service ist die richtige Adresse für Prototypen von neu entwickelten Platinen und für die Produktion modifizierter Elektor-Platinen.

Brauchen Sie kurzfristig einige Muster (Protos) oder eine Kleinserie (Batch), bestehend aus 5 bis 50 Exemplaren? Der Elektor-PCB-Service bietet jetzt beides zu einem günstigen Preis. Sie müssen uns nur über unsere Website Ihr Platinenlayout zusenden.

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

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE**

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 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
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen

Hier ist meine Anschrift:

Firma _____

Vorname _____

Name _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Land **DE**

Kunden-Nr. _____

E-Mail _____

Antwort

Elektor-Verlag GmbH
Süsterfeldstr. 25
52072 Aachen

Innerhalb
Deutschlands
kein Porto
nötig!

The Audio Collection 3



➔ Mehr als 75 Audio-Selbstbausaltungen

Diese DVD-ROM enthält mehr als 75 verschiedene Audio-Projekte aus den Erscheinungsjahren 2002-2008 der Elektronik-Zeitschrift Elektor – mit Artikeln über Mess- und Test-geräte, Verstärker, Röhren, Digital-Audio und Lautsprecher-technik.



ISBN 978-90-5381-263-1
€ 21,50 • CHF 29,30

Einige der Highlights: ClariTy 2x300 W Klasse-T-Verstärker, Röhren-Endverstärker, High-End Poweramp, Drahtlose Audio-Übertragung, Paraphase-Klangeinsteller, Aktiver Subwoofer, Stereo-LED-VU für Autoradios, Hybrid-Audioverstärker, MP3-Adapter für TV-Geräte und HiFi-Röhrenendstufe.

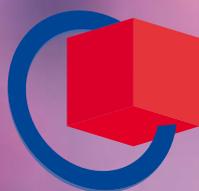
Weitere Infos & Bestellung unter

www.elektor.de/shop

INSERENTENVERZEICHNIS MÄRZ 2011

Becker & Müller	www.becker-mueller.de	9
Beta Layout	www.beta-layout.com	11
Cadsoft Computer	www.cadsoft.de	13
Emis	www.emisgmbh.de	42
Eurocircuits	www.eurocircuits.de	27
Fischer Elektronik	www.fischerelektronik.de	57
LeitOn	www.leiton.de	11
Markt	75
Messe Nürnberg	www.embedded-world.de	87
mikroElektronika	www.mikroe.com	21
NXP Product	www.nxp.com/cortex.m0	29
PICO	www.picotech.com/scope2038	35
Reichelt	www.reichelt.de	88
Schaeffer AG	www.schaeffer-ag.de	42

Nürnberg, Germany
1. – 3.3.2011



embedded world 2011

Exhibition & Conference

... it's a smarter world

Jetzt registrieren und kostenlose Eintrittskarte sichern:
www.embedded-world.de

Die Zukunft erleben.

Die embedded world präsentiert neueste technische Entwicklungen und zeigt schon heute die Trends von morgen. Sichern Sie sich jetzt Ihren Wissensvorsprung!

Veranstalter Fachmesse
NürnbergMesse GmbH
Tel +49 (0) 9 11.86 06-49 12
besucherservice@nuernbergmesse.de

Veranstalter Kongresse
WEKA FACHMEDIEN GmbH
Tel +49 (0) 81 21.95-13 49
info@embedded-world.eu

Medienpartner
elektroniknet.de

DESIGN & ELEKTRONIK
KNOW-HOW FÜR ENTWICKLER

Elektronik automotive
Fachmagazin für Entwicklungen in der Kfz-Elektronik und Technik

Computer & AUTOMATION .DE

Elektronik
Fachmagazin für Industrie, Labor und Experimente

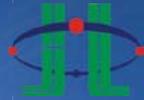
Elektronik embedded
Fachmagazin für die Entwicklung von Embedded-Systemen

Markt & Technik
Die unabhängige Wochenzeitung für Elektronik

Computer & AUTOMATION
Fachmagazin der Fertigungs- und Prozessindustrie

NÜRNBERG MESSE

HUEY JANN-High-Power-Module für industrielle Applikationen



High-Power - LED-Modul, 10 Watt

- auf ausreichend Wärmeabfuhr achten!
- Abstrahlwinkel: 120°
- Maße: 20 x 20 x 3,15 mm



16.65
15.55
16.70

	Farbtemperatur	UF / IF (V / A)	Lumen
LED H10WG CWS	8000 K, cool-weiß	14 / 700	820
LED H10WG NWS	4000 K, natur-weiß	14 / 700	796
LED H10WG WWS	3000 K, warm-weiß	14 / 700	728

High-Power-LED-Modul, 20 Watt:

	Farbtemperatur	UF / IF (V / A)	Lumen
LED H20WG CWS	8000 K, cool-weiß	14 / 1400	1500
LED H20WG NWS	6000 K, natur-weiß	14 / 1400	1500
LED H20WG WWS	3300 K, warm-weiß	14 / 1400	1348

25.95
25.20
30.65

Markenqualität - Top-Service - günstige Preise!



Katalog kostenlos!
 Tagesaktuelle Preise:
www.reichelt.de

High-Power 5 W LED-Emitter/-Modul

- Auf ausreichend Wärmeabfuhr achten!
- Maße: Ø 7,25 x 5,4 mm

	nm / Farbe	UF / IF (V / mA)	Lumen	Winkel	Emitter
LED H5WEF PWS	6000 K, pur-weiß	3,8 / 1400	262	120	5.70
LED H3WEG WWS	3300 K, warm-weiß	3,8 / 700	150	120	4.25

- Maße: Ø 20 x 19 x 7,1 mm

	nm / Farbe	UF / IF (V / mA)	Lumen	Winkel	LED-Modul
LED H5WMF PWS	6000 K, pur-weiß	3,8 / 1400	262	120	6.20
LED H5WMF WWS	3300 K, warm-weiß	3,8 / 1400	232	120	6.50

LEDs 3 mm, ultrahell, Huey Jann

Gehäuse: farblos, klar

	nm / Farbe	UF / IF (V / mA)	Lumen	Winkel	LED
LED 3-03300 BL	465 nm blau	3,3 / 20	3300	15°	0.27
LED 3-04700 WS	6500 K weiß	3,3 / 20	11500	29°	0.27
LED 3-10200 WW	4000 K warm weiß	3,3 / 20	10200	29°	0.30

LEDs 5 mm, ultrahell

Lucky Light

- Gehäuse: farblos, klar

	Farbe	mcd	Preis
LED 5-16000 RT	rot	16000	0,33 €
LED 5-22000 GN	grün	22000	0,33 €
LED 5-14000 GE	gelb	14000	0,29 €
LED 5-12000 BL	blau	12000	0,29 €
LED 5-18000 WS	weiß	18000	0,36 €
LED 5-25000 WS	weiß	25000	0,32 €
LED 5-16000 WW	warmweiß	16000	0,42 €



LUCKY LIGHT
 ELECTRONICS CO., LTD.

DOG LCD-Module

Stellen Sie sich Ihr Wunsch-Display zusammen

- Die Anzeige und die entsprechende Beleuchtung werden separat bestellt, somit ergeben sich vielfältige Kombinationsmöglichkeiten
- Display und Beleuchtung werden einfach zusammengesteckt
- Maße: 55 x 27 mm / Superfläch: 2,0 mm (5,8 mm inkl. Beleuchtung)
- Controller ST7036 für 4-/8-Bit, 4-Draht SPI



EA DOGM162B-A	Schriftfarbe	Untergrund	empfohlene Beleuchtung	Preis
EA DOGM162E-A	wie Beleuchtung	blau	weiß oder gelb-grün	11.85
EA DOGM162L-A	schwarz	wie Beleuchtung	gelb-grün	11.85
EA DOGM162S-A	schwarz	gelb-grün	nicht beleuchtbar	11.85
EA DOGM162W-A	wie Beleuchtung	schwarz	weiß	11.85
	schwarz	wie Beleuchtung	weiß oder blau	11.85

LCD-Hintergrundbeleuchtung für DOGM

- Maße: 55 x 31 mm



EA LED55X31-A	Farbe	Preis
EA LED55X31-B	amber	3.15
EA LED55X31-G	blau	8.70
EA LED55X31-I	gelb-grün	3.15
EA LED55X31-W	weiß	10.35

ELECTRONIC ASSEMBLY
 making things easy

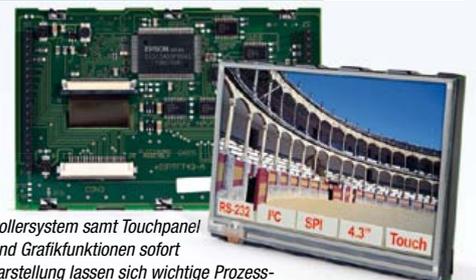
Starter-Kit

sofort lauffähig,
 embedded
 und intelligent

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

Diese intelligenten Displays sind durch das integrierte Micro-Controllersystem 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

239,95 €

Grenzen überschreiten und neue Maßstäbe setzen – das gilt nicht nur für unser Produktportfolio, sondern auch einmal mehr für unsere Logistik.

Mindestbestellwert gesenkt!

Für Aufträge aus Deutschland, den EU-Ländern und der Schweiz beträgt der Mindestbestellwert jetzt nur noch 10,00 €.

Weitere Informationen unter:

<http://versandkosten.reichelt.de>