

ANALOG • EMBEDDED • MIKROCONTROLLER • AUDIO • MESSTECHNIK

**Arduino mit  
LabVIEW steuern**

G3078 E

Mai 2012

(D) € 7,60 • CHF 14,50 • (A, B, L) € 8,40

# eLektor

[www.elektor.de](http://www.elektor.de)

## Embedded Linux leicht gemacht Teil 1: Der Einstieg



**+ SDR mit AVR**  
Aktive Antenne für LW und MW



## Verlustlose Last Kampf dem Energieverbrauch!

**+ High-End-MM/MC-Vorverstärker**  
Lässt Ihre Plattensammlung aufleben!

**+ Audio-Bootloader**  
Mikrocontroller per Soundkarte programmieren

# Oft kopiert – doch nie erreicht:

	PCB-POOL® Beta LAYOUT	Basista	Euro- circuits	Leiton	WEdirekt	multi-cb
 <b>Leiterplatten online kalkulieren</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 <b>FREE STENCIL</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Bestückung online</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Kostenlose Layoutsoftware</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Bewertungs- Rabattsystem</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Akzeptierte Layoutformate</b>	16	6	1	3	5	3
 <b>Kollisionsprüfung zum Anfassen</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Auftragsverfolgung mit Ansprechpartner</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Watch"ur"PCB</b>	✓	—	—	—	—	—
 <b>Pünktlich oder kostenlos</b>	✓	—	—	✓	—	—
 <b>8h-Eilservice</b>	✓	✓	—	—	—	—
 <b>Online Daten- Restore Service</b>	✓	—	—	—	—	—

Hi Michi,  
 wenn du einfach nur  
 billig suchst probier mal:  
  
 www.jackaltac.com

Das Original seit 1994!

[www.pcb-pool.com](http://www.pcb-pool.com)





# Sie haben die Wahl.

Entscheiden Sie sich für die passende Architektur und wählen Sie die Programmiersprache, die Ihnen am besten gefällt. Welche Entscheidung Sie auch treffen, überall werden Sie von der gleichen komfortablen und **intuitiven IDE** unterstützt. Leistungsfähige **SSA-Optimierungen**, eine nützliche **Hilfe**, dutzende **Tools** und viele **Beispiele** machen den Einstieg leicht. Und wann immer sich ihre Anforderungen ändern, können Sie sich jederzeit für eine andere Architektur entscheiden. Wir haben uns sehr viel Mühe gegeben, die Kreuzkompatibilität für über **500 unserer Library-Funktionen** zu erreichen, so dass man tatsächlich Code per copy & paste übertragen kann und nur wenige Anpassungen benötigt.

## Linux for Dummies

Ich muss es gestehen: Ich bin ein Linux-Dummie! An Lernfaulheit liegt es nicht. Mit Begeisterung habe ich mich als VisualBasic-Programmierer in die Embedded-Welt gestürzt; Code in C-Syntax geht mir gut von der Hand und auch in der Eclipse-IDE finde ich mich zurecht. Inzwischen liegt sogar ein veritabler Java-Wälzer auf meinem Schreibtisch (was bei den Kollegen mächtig Eindruck machte). Doch wenn man mal von Android absieht – beruflich und privat bin ich doch immer Windows-User geblieben. Das freie Betriebssystem ist noch ein tiefdunkler Fleck auf meiner Landkarte. Vielleicht hat das ein wenig mit Bequemlichkeit zu tun – und mit der Gewöhnung an bunte Fenster und die Maus. Es nötigt mir schon ein wenig Bewunderung ab, wie die jungen Kollegen in unserem Labor virtuos auf der Kommandozeile spielen. Ubuntu-Fan Antoine ließ auch nie etwas unversucht, mich von den Vorzügen seiner Linux-Distribution zu überzeugen (unter anderem dürfte ich dann weiter mit der Maus und den Fenstern arbeiten). Wenn sich Windows auf meinem Rechner mal wieder (fast) unrettbar verabschiedete, weil irgendwas mit irgendeinem USB-Treiber schief gelaufen war, grinste er breit. Guter Wille war bei mir durchaus vorhanden: Ein (Embedded-)Linux-Board und ein (Embedded-)Linux-Buch verstaubten keinesfalls auf meinem Schreibtisch. Doch so richtig Lust auf Neues machte das nicht, weil ich mit beidem nicht besonders weit gekommen bin. Das ziemlich mächtige Board war nicht für Einsteiger gemacht; auch mein Kollege Chris hackte sich die Finger wund, um herauszufinden, was in welches der vielen Verzeichnisse gehörte. Und auch beim Buch sprang der Funke nicht über: Ab Kapitel 3 wurde es wirklich kryptisch für mich. Da traf es sich gut, dass uns vor ein paar Monaten der Open-Source-Enthusiast Benedikt Sauter besuchte. Im Gepäck hatte er ein kleines ARM-Board. „Schau Jens“, meinte er, „wir könnten da doch einen Linux-Anfänger-Kurs für die Elektor-Leser drumherumstricken?“. Denn schließlich gebe es ja welche, die schon immer alles über Embedded-Linux wissen wollten, sich aber nie zu fragen getraut hätten. Meine anschließende Begeisterung war nicht gespielt. Aber ich ließ mir von Benedikt natürlich nicht anmerken, dass ich mich selbst zu diesem Leserkreis zählen musste ;-) ...

Gesagt, getan: in dieser Ausgabe finden Sie die erste Folge unseres Embedded-Linux-Anfänger-Kurses. Ich werde auf jeden Fall mitmachen, und ich würde mich freuen, wenn Sie das auch tun!

Jens Nickel



### 6 Impressum

Who is who bei Elektor

### 8 News

Neuheiten, Nachrichten und Termine

### 18 Embedded Linux leicht gemacht (1)

Im ersten Teil unseres Kurses berichten wir von den Linux-Anfängen und stellen die nötigen Komponenten vor.

### 24 Preamp 2012 (2)

Diesmal ist das Moving-Coil/Moving-Magnet-Board unseres Vorverstärker-Projektes an der Reihe.

### 30 SDR mit AVR (3)

In der dritten Folge der Serie machen wir Versuche zur Amplituden- und Frequenzmodulation. Ein kleiner DCF-Testsender darf dabei nicht fehlen! Außerdem erweitern wir unser Equipment um eine aktive Ferritantenne, mit der wir LW- und MW-Signale empfangen können.

### 38 Audio-Bootloader

Dass sich Mikrocontroller auch per Soundkarte programmieren lassen, beweisen wir in diesem Artikel.

### 43 Labcenter

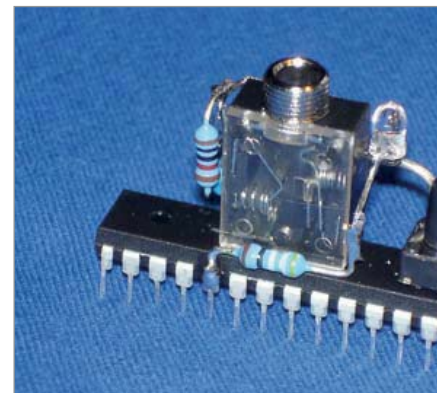
Montage von Nixie-Röhren Klasse statt Masse  
Trafotest  
Wilde Schwingungen  
Ein neues LCR-Meter  
SMD-Doppeldecker

### 48 Bauelemente-Tipp

In dieser Folge wird ein MOSFET mit ungewöhnlichen Eigenschaften vorgestellt. Auch der professionelle Elektroniker lernt niemals aus!

### 50 Verlustlose Last

Damit die Ausfall-Warnleuchten im Arma-





# INHALT

## 18 Embedded Linux leicht gemacht

### Teil 1: Der Einstieg

Linux läuft heutzutage auf den unterschiedlichsten Geräten – sogar in Kaffeemaschinen. Es gibt daher viele Elektroniker, die an Linux als Basis für eigene Controller-Projekte interessiert sind. Eine Hürde ist jedoch die scheinbar hohe Komplexität, außerdem sind Entwicklungsboards oft recht teuer. Elektor hat für beide Probleme eine Lösung: Einen Einsteiger-Kurs rund um eine kompakte, preiswerte Platine. Dass die Hardware und Software open source sind, versteht sich von selbst!

## 24 Preamp 2012 (2)

### Moving-Coil / Moving-Magnet (MC / MM)

Vinyl erlebt derzeit einen richtigen Hype; selbst richtig junge Musiker veröffentlichen ihre Alben parallel zur CD auf Platten. Wer einen ordentlichen Plattenspieler besitzt (die mittlerweile zu extragalaktischen Preisen gehandelt werden) darf sich glücklich schätzen! Doch das nützt alles nichts, wenn man zum eingesetzten Tonabnehmer keinen optimal passenden Vorverstärker hat. Genau darum geht es in dieser zweiten Folge unseres High-End-Vorverstärker-Projekts.

## 38 Audio-Bootloader

### Controller-Programmierung per Soundkarte

Mikrocontroller bekommen ihren Geist (in Form von Firmware) üblicherweise mit dezidierten Programmern eingehaucht, die meist via USB mit dem PC verbunden sind. Mit wenig zusätzlichen Bauteilen lässt sich auch eine parallele Schnittstelle zum Programmieren zweckentfremden, mit einem passenden Bootloader genügt sogar eine einfache serielle Schnittstelle. Mit dem Audio-Bootloader, den wir in diesem Heft vorstellen, ist nicht einmal diese mehr notwendig.

## 50 Verlustlose Last

### Step-up-Wandler hält Energieverluste niedrig

Im Cockpit vieler Automodelle leuchtet ein Warnsignal auf, wenn eine Glühlampe der Rück- oder Bremsleuchten defekt ist. Äquivalente LED-Lampen begnügen sich mit so wenig Energie, dass solch eine Warnung fälschlicherweise ausgelöst werden kann. Die ‚Verlustlose Last‘ täuscht der Kfz-Elektronik eine Glühlampe vor, ohne die Vorteile der LED-Lampe zu schmälern. Denn die entnommene Energie wird dem Bordnetz auf intelligente Weise zurückgeliefert.

## 43. Jahrgang

Mai 2012

Nr. 497

turenbrett nicht angehen, werden LED-Brems- und Rücklichtern oft Widerstände parallel geschaltet. Doch das kostet unnötig Energie!

## 56 Inside Pico C-Super

Der Kapazitätsmesser Pico C-Super kam bei vielen Elektor-Lesern gut an. Auf vielfache Nachfrage beschäftigt sich diese Zugabe nochmals näher mit der Software.

## 62 Platino mit LabVIEW steuern (1)

Auch wenn sie von getrennten Welten zu stammen scheinen: Arduino und LabVIEW sind beides Programmierumgebungen für das schnelle Entwickeln. Wir zeigen, wie man Arduino-Hardware mit LabVIEW steuern kann.

## 66 Zurück zu den Wurzeln (5)

In dieser Folge des Kurses geht es um möglichst stabile Spannungen. Natürlich kann man hier zu einem integrierten Spannungsregler greifen – doch es gibt noch viele weitere interessante Lösungen.

## 72 RL78: Low-Power-Mikrocontroller-Familie

Nach der Übernahme von NEC durch Renesas wurde die neue Familie RL78 angekündigt, die speziell auf Low-Power-Anwendungen abzielt. Wir geben einen Überblick.

## 76 Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

## 78 Retronik

Logikanalysator (1981)

## 82 Elektor-Shop

Bücher, CDs, DVDs, Bausätze & Module

## 86 Vorschau

Nächsten Monat in Elektor

## Unser Team

Chefredakteur:	Jens Nickel (v.i.S.d.P.) (redaktion@elektor.de)
Ständige Mitarbeiter:	Dr. Thomas Scherer, Christopher Rausch
Internationale Redaktion:	Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Eduardo Corral, Wisse Hettinga, Denis Meyer, Clemens Valens
Elektor-Labor:	Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Raymond Vermeulen, Jan Visser
Herausgeber:	Don Akkermans
Grafik & Layout:	Giel Dols, Mart Schroijen

## Unser Netzwerk



## Internationale Teams

 <b>Großbritannien</b> Wisse Hettinga +31 46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Spanien</b> Eduardo Corral +34 91 101 93 95 e.corral@elektor.es	 <b>Indien</b> Sunil D. Malekar +91 9833168815 ts@elektor.in
 <b>USA</b> Hugo Vanhaecke +1 860-875-2199 h.vanhaecke@elektor.com	 <b>Italien</b> Maurizio del Corso +39 2 66504755 m.delcorso@inware.it	 <b>Russland</b> Nataliya Melnikova +7 (965) 395 33 36 nataliya-m-larionova@yandex.ru
 <b>Deutschland</b> Ferdinand te Walvaart +49 241 88 909-0 f.tewalvaart@elektor.de	 <b>Schweden</b> Wisse Hettinga +31 46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Türkei</b> Zeynep Köksal +90 532 277 48 26 zkoks@beti.com.tr
 <b>Frankreich</b> Denis Meyer +31 46 4389435 d.meyer@elektor.fr	 <b>Brasilien</b> João Martins +55 11 4195 0363 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>Südafrika</b> Johan Dijk +27 78 2330 694 / +31 6 109 31 926 J.Dijk@elektor.com
 <b>Niederlande</b> Harry Baggen +31 46 4389429 h.baggen@elektor.nl	 <b>Portugal</b> João Martins +351 21413-1600 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>China</b> Cees Baay +86 21 6445 2811 CeesBaay@gmail.com

### IMPRESSUM

43. Jahrgang, Nr. 497 Mai 2012  
Erscheinungsweise: 11 x jährlich (inkl. Doppelheft Juli/August)

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

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

Anzeigen (verantwortlich): Irmgard Ditzgens  
ID Medienservice  
Tel. 05 11/61 65 95-0 - Fax 05 11/61 65 95-55  
E-Mail: service@id-medienservice.de  
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 42 ab 01.01.2012

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



## Die Elektor Community

276430

Mitglieder in

83

Ländern...

## Noch kein Mitglied?

[www.elektor.de/community](http://www.elektor.de/community)



**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](http://www.elektor.de/newsletter) !



## Unsere Partner und Sponsoren

	AudioXpress <a href="http://www.cc-webshop.com">www.cc-webshop.com</a> . . . . .	47		LPKF <a href="http://www.lpkf.de/prototyping">www.lpkf.de/prototyping</a> . . . . .	11
	Beta Layout <a href="http://www.pcb-pool.com">www.pcb-pool.com</a> . . . . .	2		MikroElektronika <a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a> . . . . .	3
	ELV <a href="http://www.elv.de">www.elv.de</a> . . . . .	16, 17, 60, 61		Reichelt <a href="http://www.reichelt.de">www.reichelt.de</a> . . . . .	88
	Eurocircuits <a href="http://www.elektorpcbservice.com">www.elektorpcbservice.com</a> . . . . .	37		Renesas RL78 Challenge <a href="http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge">www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge</a> . . . . .	15
	Good Will Instruments <a href="http://www.gwinstek.com">www.gwinstek.com</a> . . . . .	69		Schaeffer AG <a href="http://www.schaeffer-ag.de">www.schaeffer-ag.de</a> . . . . .	35
	Jackaltac <a href="http://www.jackaltac.com">www.jackaltac.com</a> . . . . .	71		Telemeter <a href="http://www.telemeter.info">www.telemeter.info</a> . . . . .	35
	LeitOn <a href="http://www.leiton.de">www.leiton.de</a> . . . . .	35			

## Sie möchten Partner werden?

Kontaktieren Sie uns bitte unter  
[service@id-medienservice.de](mailto:service@id-medienservice.de) (Tel. 0511/616595-0).

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.



© 2012 elektor international media b.v.  
Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)  
ISSN 0932-5468

# RL78 Green Energy Challenge

## Mitmachen beim Wettbewerb für eine bessere Umwelt!



Gerade „grüne Technik“ hat ein besonderes Potential für eine bessere Zukunft. Wollen Sie da abseits stehen? Nutzen Sie die sich bietende Gelegenheit zur Entwicklung umweltschonender Technik und arbeiten Sie mit an einer positiven, sauberen und gesunden Zukunft.

Von Rob Dautel (USA)

Grüne Technik ist mittlerweile längst im Alltag angekommen. Doch was versteht man darunter? Hier gibt es sicherlich so viele Antworten wie Menschen, die man fragt. Einige würden sagen, dass es dabei um die Optimierung und die effektivere Nutzung unserer Energiequellen geht. Andere würden meinen, dass es sich um alternative Energie wie Wind- Solar- und geothermische Energie handelt. Etwas weniger naheliegend sind „Energy Harvesting“ und andere Low-Power-Techniken wie HF-Energienutzung, thermische Energiegewinnung oder piezo-mechanische Energiegeneratoren. Kaum gedacht wird an intelligente Steuerungssysteme, Datenerfassung und Datenverarbeitung zur besseren Ausnutzung unserer Ressourcen.

Grüne oder ökologische Technik ist nicht auf elektrische Energie begrenzt. Das Attribut „öko“ wird mittlerweile in vielen Lebens- und Industriebereichen für so unterschiedliche Dinge wie Wasser, Beleuchtung, Luft, Lebensmittel, Baumaterial, Landwirtschaft, Investitionen, Gebäudeisolierung, Recycling und Energie sparen verwendet.

Innerhalb weniger Jahrzehnte haben sich grüne Ideen weltweit verbreitet. Unabhängig davon, was man genau darunter versteht, trägt grüne Technik dazu bei, dass unser blauer Planet lebenswerter (erhalten) wird.

Was für eine Bedeutung hat grüne Technik für Sie? Genau darum dreht sich der RL78 Green Energy Challenge. Wir sind an Ihren Ideen und Ihren Entwicklungen interessiert, die mithelfen, die grüne (R)Evolution weiter zu treiben. Vielleicht denken Sie an eine ferngesteuerte Überwachung von Luftschadstoffen. Möglicherweise beschäftigen Sie sich mit einer Schaltung, die Daten über den häuslichen Stromverbrauch sammelt, oder aber Sie entwickeln Elektronik zum Thema Energy Harvesting. Es könnte sich auch um eine Ultra-Low-Power-Steuerung handeln, die sich direkt aus der Wärme des Ofens oder der Heizung versorgt. Denkbar wäre auch die Erfassung von Biomasse-Parametern oder eine neue Technik für ein Windrad. Renesas und Partner loben beim RL78 Green Energy Challenge Preise im Wert von mehr als 20.000 US-\$ für grüne Technikideen aus.

Es geht dabei um Entwicklungen, die uns einen Schritt weiterbringen. Es geht um grüne Technik und auch darum, andere zum Mitmachen zu bewegen. Es geht also



Rob Dautel, Manager im Bereich Ecosystems bei Renesas Electronic America, hat über 24 Jahre Erfahrung in Hardware, Software und ASIC-Design. Als Experte in den Bereichen Digital-Audio, Industriesteuerungen und Entwicklungs-Tools „spricht“ er 22 verschiedene Programmiersprachen.

nicht um einen reinen Schaltungswettbewerb. Seit sich Embedded-Systeme immer mehr vernetzen lassen und auch die „Cloud“ praktische Relevanz bekommt, bilden sich auch neue Formen der Datenerfassung und Datenverarbeitung heraus. Diese vernetzte Art des Controller-Einsatzes bietet ein bisher nie dagewesenes Potential zum Umgang mit unseren natürlichen Ressourcen.

Beim RL78 Green Energy Challenge liegt der Schwerpunkt auf der RL78-Mikrocontroller-Familie von Renesas, die Stromsparen mit höchster Leistung kombiniert und vielfältige 8- und 16-bit-Controller für die unterschiedlichsten Zwecke bietet. Dabei werden zentrale Eigenschaften der gut eingeführten R8C- und 78K0R-Familien von Renesas weitergeführt. Dies erlaubt ein einfaches Upgrade für verbesserte Entwicklungen. Das Plattform-Konzept der RL78-Familie bietet große Flexibilität. 41 DMIPS bei 32 MHz und 66  $\mu$ A/MHz bieten ein Spektrum von hoher Leistung bis zu extrem niedrigem Stromverbrauch.

Zur Unterstützung des RL78 Green Energy Challenge verteilen wir 1.000 RL78G13-RDKs (Renesas Demonstration Kits). Dabei haben wir uns größte Mühe gegeben, das RDK mit vielen Fähigkeiten auszustatten, damit die Entwicklung mit dem RL78 einfach ist und Spaß macht. An Bord sind: Debugger, 3-Achsen-Accelerometer, Temperatursensor, LCD, isolierter Triac, Lichtsensor, FET, IR-Sender und -Empfänger, seriellles EEPROM, Mikrofoneingang, Audio-Ausgang, SD-Karten-Slot, Pmod-Connector und mehr (siehe Review in diesem Heft).

Um das Ganze noch zu toppen, haben wir mit IAR vereinbart, sich mit ihrer Embedded Workbench Kickstart Edition für RL78 am Wettbewerb zu beteiligen. Und IAR stellt den Teilnehmern **Vollversionen** der Embedded Workbench zur Verfügung! Außerdem konnten wir Vereinbarungen mit Micrium, CMX Systems, SEGGER, Total Phase, Exosite und Okaya erreichen und so viel Software und Code-Beispiele für einen schnellen Start bereitstellen.

Wenn Sie sich für den RL78 Green Energy Challenge registriert haben, dann heißen wir Sie willkommen und danken Ihnen für Ihre Bereitschaft, sich für eine bessere Zukunft zu engagieren. Falls Sie sich noch nicht registriert haben, worauf warten Sie noch? Registrieren Sie sich und beweisen Sie uns, wie sehr Ihnen grüne Technik am Herzen liegt!

(120288)

**Registrierung unter:**

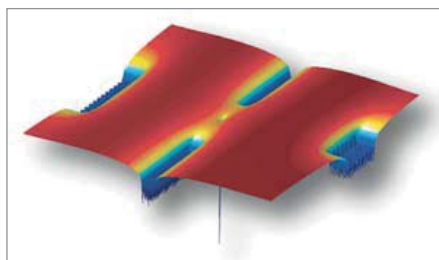
[www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge](http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge)



Von Phil Knurhahn

## Der absolut kleinste Transistor der Welt

In Zusammenarbeit mit der University of New South Wales und der University of Melbourne ist es Forschern der Purdue Universität (West Lafayette, USA) gelungen, einen nur 1 Atom kleinen Transistor zu bauen (Bild: Purdue University). Der Durchmesser beträgt nur noch 0,1 nm. Dies wäre der absolute Endpunkt von „Moore's Law“



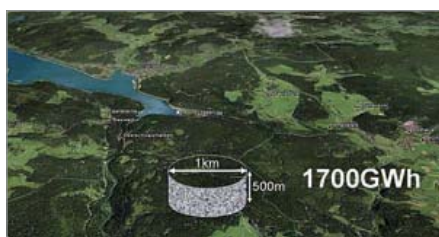
– kleiner geht es nicht mehr. Schon zuvor hatte man an der Purdue Universität einen

elektrischen Leiter gebaut, der nur 1 Atom hoch und 4 Atome breit ist. Ein paar Jahre zuvor hatten IBM-Forscher in Almaden einen Speicher von der Größe eines Atoms realisiert. Der gravierende Nachteil dieses Transistors: Um die Elektronen innerhalb der Struktur zu halten, muss das Ganze auf die Temperatur von flüssigem Stickstoff heruntergekühlt werden.

[www.purdue.edu/newsroom/research/2012/120219KlimeckAtom.html](http://www.purdue.edu/newsroom/research/2012/120219KlimeckAtom.html)

## Gigantischer Energiespeicher

Professor Eduard Heindl von der Hochschule in Furtwangen hat einen exotisch anmutenden Vorschlag gemacht: Um die elektrische Energieversorgung von kontinuierlich rund 70 Gigawatt für Deutschland sicherzustellen, sollte man einen riesigen Lageenergiespeicher bauen (Bild: Eduard Heindl). Ein solcher hydraulischer Speicher hätte bei einem Radius



von 500 m eine Kapazität von 1700 GWh, was etwa dem Tages-Strombedarf in Deutschland

entspricht. Die Kosten lägen bei rund 1 Milliarde Euro (plus den Kosten für Pumpen, Turbinen und Generatoren). Das Konzept nutzt die potentielle Energie einer sehr großen Felsmasse, die hydraulisch angehoben wird. Der Wirkungsgrad von 80 % entspricht dem eines Pumpspeicherkraftwerks. Die Gesamtkapazität aller deutschen Pumpspeicherkraftwerke beträgt bisher nur 40 GWh.

<http://eduard-heindl.de/energy-storage/Energiespeicher-Erneuerbare.html>

## LED leuchtet in vielen Farben zugleich

Professor Yonghun Cho vom Korean Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) hat entdeckt, dass Leuchtdioden mit hexagonalen, pyramidenartigen Strukturen verschiedene Lichtwellenlängen abstrahlen können. Bisher kann man weiße LEDs (die ja „weiß“ aus verschiedenen Farben zusammensetzen) nur mit

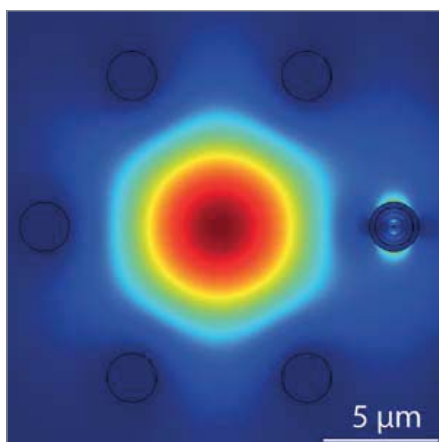
Tricks realisieren, zum Beispiel durch gelbes fluoreszierendes Material auf einer blauen LED. Professor Cho und seine Mitarbeiter hingegen formten eine schmale hexagonale Pyramide aus einem geeigneten Halbleitermaterial zu einer LED: Wenn man durch diese Pyramide einen Strom hindurch schickt, dann nimmt jede Seite und Kante der Pyramide verschiedene Energiezustände ein. Infolgedessen werden unterschiedliche Farben ausgesandt,

die von Blaugrün über Gelb bis hin zu Orange reichen. Durch eine geeignete Konstruktion lässt sich damit nicht nur weißes Licht realisieren, sondern auch andere Farben. Die bisher durch das Aufbringen des fluoreszierenden Materials erzwungene Begrenzung des Wirkungsgrades der weißen LED würde damit entfallen. Die Pyramiden-LED wäre also heller als die bisherigen LEDs - und später wohl auch billiger.

[www.kaist.edu](http://www.kaist.edu)

## 1,111 Terahertz

Ein an der TU Darmstadt entwickelter Terahertz-Sender erzeugt die höchste Terahertz-Frequenz, die jemals von einem elektronischen Sender erreicht wurde. Gleichzeitig ist der Sender winzig klein und arbeitet bei Raumtemperatur. Dies könnte neue Anwendungen beflügeln, wie im Bereich der zerstörungsfreien Materialprüfung oder in der medizinischen Diagnostik. Da die Strahlung alltägliche Materialien wie Kunststoff, Papier, Textilien oder Keramiken durchdringt, lassen sich solche Werkstücke zerstörungsfrei prüfen. Verbrennungsprozesse könnten in einem laufenden Motor analysiert oder Pakete und Briefe auf gefährliche biologische Substanzen geprüft werden. Die Darmstädter Physiker und Ingenieure haben den Sender auf



weniger als einen Quadratmillimeter komprimiert und ihn in Halbleitertechnologie realisiert (Bild: Michael Feiginov / TU Darmstadt). Er basiert auf einer so genannten

RTD (Resonanztunneldiode) und sendet mit einer Frequenz von 1,111 Terahertz bei einer Ausgangsleistung von 0,1 µW. „Das ist die höchste Frequenz, die ein aktives Halbleiterbauelement jemals erreicht hat“, sagt Dr. Michael Feiginov vom Institut für Mikrowellentechnik. Der bisherige Rekord wurde von den NTT Photonics Laboratories in Atsugi-shi bzw. vom Tokyo Institute of Technology seit 2010 gehalten: Damals wurde ein Baustein für 1,04 THz entwickelt, der allerdings eine Ausgangsleistung von 7 µW bot. Theoretisch könnte man mit dem neuen Prinzip noch Frequenzen bis drei Terahertz erzeugen – das galt bislang als unmöglich.

[www.tu-darmstadt.de/vorbeischaue/aktuell/ni\\_43200.en.jsp](http://www.tu-darmstadt.de/vorbeischaue/aktuell/ni_43200.en.jsp)

## MAILBOX

## Entdrucken bei der Platinenherstellung

Elektronik-News: Entdrucker holt Toner vom Papier,  
[www.elektor.de/elektronik-news/entdrucker-holt-toner-vom-papier.2121183.lynkx](http://www.elektor.de/elektronik-news/entdrucker-holt-toner-vom-papier.2121183.lynkx)

Zu diesem Thema interessiert vielleicht, dass man Toner mit einfachsten Mitteln umweltschonend vom Papier holen kann: Bei der Selbstanfertigung von Platinen nämlich.

Zum Fertigen einer Platine kann man statt dem Ausdrucken auf Folie, Belichten der fotobeschichteten Platine + Entwickeln alles einfacher machen. Ich drucke das Layout per Laserdrucker auf ganz normales, einseitig beschichtetes Tintenstrahldruckerpapier. Dieses lege ich anschließend auf eine unbeschichtete Platine, ziehe diese einige Male durch ein umgebautes einfaches Laminiergerät hindurch, bis das Papier durch die Hitze und den Toner an der Platine festklebt. Nach dem Abkühlen, wird entwickelt und zwar in kaltem Leitungswasser! Nach etwa 3...5 Minuten löst sich das Papier ganz von allein von der Platine ab und der Toner bleibt auf der Platine zurück. Nach Trocknen und kurzem Aufwärmen mit einer Heißluftpistole auf ca. 100°C, (nicht wärmer, hierdurch schließen sich feine Tonerporen), geht es ins Ätzbad bei nicht mehr als 45°C.

Kurz noch zum Laminiergerät: Es handelt sich um ein handelsübliches Gerät für rund 15 Euro, welches ich mit einem ATmega8 temperatursteuere, sodass

eine etwa 30 K höhere Temperatur als üblich erreichbar ist. Schaltbild sowie programmierte Controller sind bei mir erhältlich.

Peter Krengel, DG4EK,  
[krengel\\_rf\\_design@gmx.de](mailto:krengel_rf_design@gmx.de)

*Vielen Dank, Herr Krengel. Diese Anregung geben wir gerne weiter. (TS)*

## LED-Polarität per Lupe

LABCENTER: Polarität von SMD-LEDs, Elektor  
 03/2012, S. 45 (120145)

Zu Ihrem Artikel hätte ich eine kleine



Ergänzung. Aufgrund der zumeist klaren Abdeckung des eigentlichen Chips kann man mit einer mindestens zehnfach vergrößernden Lupe die Polarität anhand des auf den Kristall gebondeten Golddrähtchens erkennen. Der Bond-Draht ist immer die Anode.

Peter Krengel, DG4EK

*Stimmt, Herr Krengel. Das gilt übrigens auch für normale LEDs, wie man am abgebildeten 5-mm-Exemplar sieht. Es geht sogar noch einfacher bzw. mit geringerer Vergrößerung: Die Wanne mit dem LED-Chip drin ist die Kathode – und die ist auch bei kleinen LEDs recht gut zu erkennen. Übrigens bringen diese Tricks ja nur dann etwas, wenn man es unterlässt, die LED einfach mal testweise an 5 V über einen 1-kΩ-Widerstand leuchten zu lassen... (TS)*

mögliche Erweiterungen konnte sogar abgestimmt werden). Mehr als 77.000 Bauteile wurden auf den neuesten Stand gebracht oder kamen neu hinzu.

Neben den kontinuierlich veröffentlichten Updates haben die Subscription-Kunden (Einstieg: 1200 Euro für eine 12-Monats-Lizenz) auch Zugriff auf tausende unterschiedlicher Ressourcen wie Live-Daten aus der Beschaffungskette von Bauteilen, Design-Templates, Referenzdesigns und eine stetig wachsende Sammlung an Anwendungsbeispielen.

<http://live.altium.com>

## Neuer Katalog von Reichelt

Mit über 5.000 neuen Produkten auf 1.196 Seiten bietet der aktuelle Reichelt-Katalog ein noch umfassenderes Angebot rund um die Welt der Elektronik. Ergänzend zum gedruckten Exemplar können Kunden den Katalog auch bequem im Webbrowser und erstmals mit einer neuen App direkt auf dem iPad durchblättern.



Titelprodukt ist dieses Mal eine kleine Steuerung für Automatisierungen aller Art, die einen Ethernet-Anschluss aufweist und einfach programmierbar ist. Auch der USB-Isolator, der eine galvanische Trennung von Host-PC und USB-Gerät ermöglicht, dürfte Elektroniker interessieren. Eine Wärmebildkamera von FLIR, die .jpg-Aufnahmen auf einer SD-Karte speichert, ist für 1.184 Euro zu stehen.

[www.reichelt-elektronik.de](http://www.reichelt-elektronik.de)

## Altium Designer 12 angekündigt

Auf der Embedded World in Nürnberg hat Tool-Hersteller Altium die neue Version der CAD-Suite Altium Designer angekündigt. Im Gegensatz zu älteren Versionen wird Altium Designer 12 nicht durch ein großes Upgrade ausgeliefert, die Bereitstellung der neuen Version und die darauf folgenden Erweiterungen erfolgen vielmehr über kontinuierlich bereitgestellte Updates. Dies bedeutet, dass neue Features und

Funktionen sowie Verbesserungen in kleinen Paketen unmittelbar nach Fertigstellung und Tests an die Anwender ausgeliefert werden können. Grundlage für dieses Auslieferungsmodell bietet eine Cloud-basierte Infrastruktur. Die Internet-Plattform „AltiumLive“, die auf der Embedded World 2011 gestartet wurde, verfügt nach Angaben des Herstellers mittlerweile über 30.000 Mitglieder. In den letzten Monaten halfen die User der Software mit, 931 Verbesserungen einzubringen und 83 Bugs zu beheben (über



## UPDATES &amp; ERGÄNZUNGEN

**Zurück zu den Wurzeln (4)**

Elektor 04/2012, S. 52 (120004)

Im Quiz hat sich leider ein (dreifacher) Kommafehler eingeschlichen. Bei der Frage 1) Drei mögliche Widerstände RX sind verfügbar. Welchen würden Sie verwenden?

- A) 100 Ohm
- B) 47 Ohm
- C) 22 Ohm

muss es stattdessen heißen:

- A) 10 Ohm
- B) 4,7 Ohm
- C) 2,2 Ohm.

**AndroPod**

Elektor 02/2012, S. 16 (110405)

Die im AdifController enthaltene Grafik der AndroPod-Anschlüsse enthält einen Fehler (bei den Pins von K4). Eine neue Version der Software mit korrigierter Grafik kann unter [www.elektor.de/110405](http://www.elektor.de/110405) und [www.elektor.de/120097](http://www.elektor.de/120097) heruntergeladen werden.

**Heizungs-Wärmemesser**

Elektor 12/2010, S. 22 (090328)

Es gibt eine neue Software-Version, die in Zusammenarbeit des Autors Falko Bilz

mit dem Leser Stefan Schulze entstand. Neu sind:

- Eine Konsolenanwendung, die insbesondere unter Linux kompiliert werden kann. Unter anderem können damit die Daten direkt in eine MySQL-Datenbank geschrieben werden.
- Eine Kalibrierfunktion der Temperatursensoren.
- Die grafische Oberfläche wgui läuft nun grundsätzlich auch unter Linux.

Die neue Version der Software lässt sich unter [www.elektor.de/090328](http://www.elektor.de/090328) parallel zur alten Version herunterladen.

**Elektors „Einfacher Funktionsgenerator“ (1978)**

Elektor 03/2012, S. 74 (120068)

Im Text steht, dass der Baustein XR2206 immer noch bei Conrad erhältlich ist. Sucht man danach auf Conrads Webshop, erlebt man eine Enttäuschung, denn beim Treffer steht fett „ausverkauft“. Alles weggehamstert also.

Das ist aber nicht weiter schlimm, denn quasi nebendran gibt es das IC immer noch: Bei Reichelt und zwar für einen durchaus akzeptablen Preis. (TS)

**Elektronik-News: Erste Uhr mit integriertem GPS**

[http://www.elektor.de/elektronik-news/erste-uhr-mit-integriertem-gps-\(update\).2113380.lynkx](http://www.elektor.de/elektronik-news/erste-uhr-mit-integriertem-gps-(update).2113380.lynkx)

Zu dieser Meldung erreichten uns etliche Zuschriften aufmerksamer Leser, denen nicht entgangen ist, dass die in dieser Meldung getroffene Aussage wörtlich genommen so nicht stimmt. Die Seiko Astron ist definitiv nicht die erste Uhr mit GPS.

GPS/Armbanduhren-Kombis gibt es nämlich schon länger, darunter:

- Schon 1999 das Modell PRT-1GP von Casio, googeln unter „Casio-Meilensteine“;
- ein paar Jahre später folgte Garmin, unter anderem mit dem Modell FR60;
- und auch Timex hat etwas im Programm, z.B. den Timex Ironman Run Trainer GPS.

Den praktischen Komfort der Seiko Astron dürfte aber keine andere Uhr bieten. Insofern kann man vielleicht eher von der ersten „richtigen“ Armbanduhr sprechen, die GPS gut integriert hat. Die Meldung wurde auch auf der Webseite mit einem Update versehen. (TS)

Anzeige

# 1, 2, Leiterplatte!



Von der Idee über das strukturierte Board zur fertigen Leiterplatte!

**Inhouse-Leiterplatten-Prototyping**

Von der Idee bis zur bestückten Leiterplatte. Die Komplettlösung für Ihr Leiterplatten-Prototyping! [www.lpkf.de/prototyping](http://www.lpkf.de/prototyping)

Hannover Messe: 23.04. – 27.04.2012, Halle 17, Stand C61

SMT Nürnberg: 08.05. – 10.05.2012, Halle 6, Stand 320

LPKF Laser & Electronics AG Tel. +49 (0) 5131-7095-0



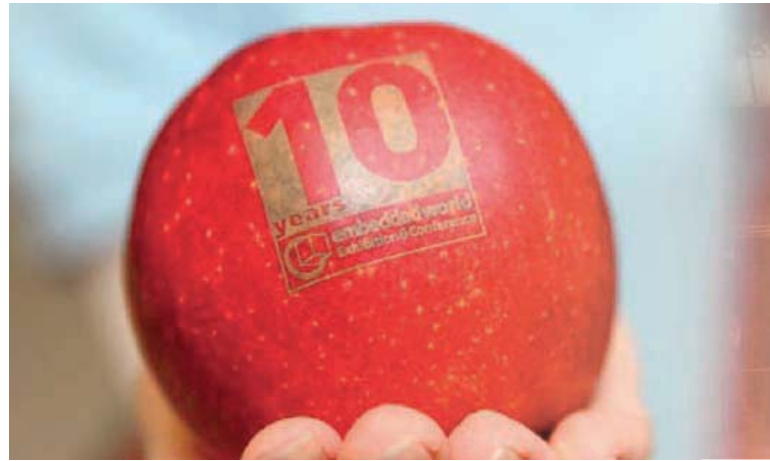
**LPKF**

Laser & Electronics

# Embedded World 2012

Von Clemens Valens & Antoine Authier (Elektor)

In diesem Jahr konnte die *Embedded World* in Nürnberg schon das zehnte Messe-Jubiläum feiern. Größer als je ist die Messe auch in größere Hallen umgezogen, in denen über 20.000 Besucher nach Neuigkeiten Ausschau hielten. Elektor war natürlich auch dort und sprach mit einigen Ausstellern über das, was die (nähere) Zukunft bringen wird.



Auf der *Embedded World* dreht sich alles um Mikrocontroller. Hard-core-Analog-Elektronikern wie unserem Kollegen Jan Buiting ☺ raten wir von einem Besuch dringend ab [1]. Jedenfalls sind in Nürnberg alle Firmen vertreten, die in der Embedded-Welt einen Rang und Namen haben. Da wir nicht zum ersten Mal auf dieser Messe waren, haben sich bei uns schon gewisse Rituale entwickelt. Hierzu gehört, zuerst am Stand von STMicroelectronics vorbeizuschauen, um dort eines der kostenlosen Demo-Boards mitzunehmen. Dieses Jahr brauchte man einen Gutschein, damit man ein cooles 32-bit-ARM-Cortex-M4-STM32F4-Discovery-Board ergattern konnte. Letztes Jahr wurde die Cortex-M4-Generation gerade eingeführt, diesmal tauchte der Controller schon bei etlichen Herstellern auf. Hauptsächlich für die Signalverarbeitung und Audio-Anwendungen gedacht, bringt dieser Hochleistungs-Controller Erweiterungen wie DSP-Funktionen und eine Fließkomma-Einheit mit. Man wird sicher noch viel von ihm hören. Auch NXP ist hier sehr aktiv. Der Distributor Future Electronics demonstrierte ein mit einem Cortex-M4 von Freescale bestücktes Audio-Streaming-Board.

Apropos hohe Rechenleistung: Der Schweizer Hersteller Toradex, bekannt für kleine Computer-Boards, hatte sich etwas Besonderes ausgedacht: Für eine Spende von 20 Euro an das Rote Kreuz Schweiz bekam man ein Colibri-T2-Computer-Modul plus Carrier-Board als Belohnung. Dieses Set wird immerhin von einem Dual-Core-Controller des Typs Tegra 2 ARM Cortex A9 von NVIDIA angetrieben und von Windows CE und Linux unterstützt - die Boot-Zeit beträgt sagenhafte 500 ms! Selbstverständlich musste so ein heißes Eisen ab ins Elektor-Labor, wo wir dann feststellten, dass es schneller betriebsbereit war als der angeschlossene LCD-Monitor! Die tausend angebotenen Boards waren nach weniger als zwei Tagen weg...

Der Begriff ARM ist ja schon gefallen. Tatsächlich gab es auf der Messe überall den Schriftzug „ARM“ zu sehen. Und natürlich gaben sich die Leute von ARM ob dieses Erfolgs mehr als zufrieden. Nur Microchip schien dieser Entwicklung (wie das bekannte gallische Dorf) noch etwas Widerstand zu bieten, und zwar mit der MIPS-basierten PIC32-Familie. Microchip wird aber mindestens einen Asterix & Obelix brauchen, denn ARMs nächstes Ziel ist nichts weniger als die Verdrängung der 8-bit-Mikrocontroller (womit Microchip sein Geld verdient). Immerhin wurden davon letztes Jahr über 1 Mil-

liarde Stück verkauft. ARM plant den Verdrängungswettbewerb mit dem nicht mehr ganz so geheimen Cortex-M0. Mit Hilfe der Lizenz-Partner sollen Stückpreise von unter 1 € möglich werden, was preiswerter als die meisten 8-bit-Chips wäre. Angeblich plant NXP sogar welche im DIP-Gehäuse!

An der 8-bit-Front glänzte Microchip mit der PIC12F752-Familie, die für LED-Beleuchtung und Batterie-Anwendungen gedacht ist. Diese Chips enthalten einen COG (Complementary Output Generator) zur Generierung nichtüberlappender Signale, z.B. für PWM-gesteuerte Peripherie.

Eine weitere Microchip-Neuigkeit war die Ankündigung von PIC32-MX1- und -MX2-Chips im besonders kleinen 5 x 5 mm messenden Gehäuse mit 28...44 Pins. Geplant sind außerdem Peripherie im Bereich Audio und kapazitive Berührungssensoren sowie USB-OTG (On-the-Go).

Auch Microchips 16-bit-Reihe bekommt mit der PIC24F-Familie „KL“



Bild 1. Das Audio-Streaming-Board von Future Electronics basiert auf einem Freescale Kinetis K60 mit einem ARM-Kern Cortex-M4.



# 10 Jahre Mikrocontroller & Co.



Zuwachs. Diese Chips sind vom XLP-Typ (eXtreme Low Power), bieten Werte von 30 nA bei 25 °C im Sleep-Mode und benötigen nur 150  $\mu$ A/MHz bei 1,8 V. Texas Instruments schafft es, diese Marke noch zu unterbieten. Ihre Wolverine-Familie an MSP430-Chips umfasst eine Echtzeituhr mit 360 nA im Betrieb – nicht im Sleep-Mode. Ansonsten kommen diese Chips auf 100  $\mu$ A/MHz, wofür TI natürlich den aktuellen Weltrekord in Sachen stromsparender Mikrocontroller für sich reklamiert. Der Name „Wolverine“ = Vielfraß ist übrigens von den X-Men-Comics entlehnt und bezieht sich auf die Kräfte dieses Superhelden.

Am Atmel-Stand gab es einen Ausblick auf die neue Version 6 des „Atmel Studios“ (ex „AVR Studio“) – der Hersteller fährt die Festlegung auf AVR-Controller auch namentlich ein Stück zurück. Natürlich werden die AVR-Controller nach wie vor unterstützt, aber eben nicht nur diese, sondern auch die auf ARMs Cortex-M basierenden Controller. Studio 6 unterstützt jetzt etwa 300 Atmel-Controller und

wird mit ASF ausgeliefert, das sich jetzt als „Atmel Software Framework“ ausschreibt. Es beinhaltet große Mengen an Source-Code und rund 1000 Beispiel-Projekte.

Noch mehr Software und ARM-Controller gab es bei Toshiba zu sehen. Die Firma konstruierte einen ARM-basierten Controller mit integriertem DSO zur Ansteuerung von BLDC-Motoren. Nein, Sie haben sich nicht verlesen und das ist auch kein Tipp-Fehler! Toshiba hat hier tatsächlich so etwas wie ein digitales Speicher-Oszilloskop integriert. Das zugehörige praktische Software-Tool erleichtert die Realisierung von Motor-Controllern ungemein. Die Motor-Ansteuerung ist in Hardware ausgeführt und kannibalisiert somit nicht die Rechenleistung des Controllers. Damit nähert sich die Sache schon fast dem Bau eines simplen Controllers für Schrittmotoren an. Davon wird man sicher auch noch in Elektor lesen...

Die für PSoCs (Programmable System-on-Chip) bekannte Firma Cypress zeigte ihre neue Software, die jetzt einen Komponenten-



Bild 2. Toshiba integriert mit dem  $\mu$ DSO doch tatsächlich ein digitales Speicher-Oszilloskop in ihren Cortex-M3-basierten Motor-Controller. Ein neuer Trend?



Bild 3. FTDIs neueste Neuigkeit: Die X-Familie von USB-nach-xyz-Chips.

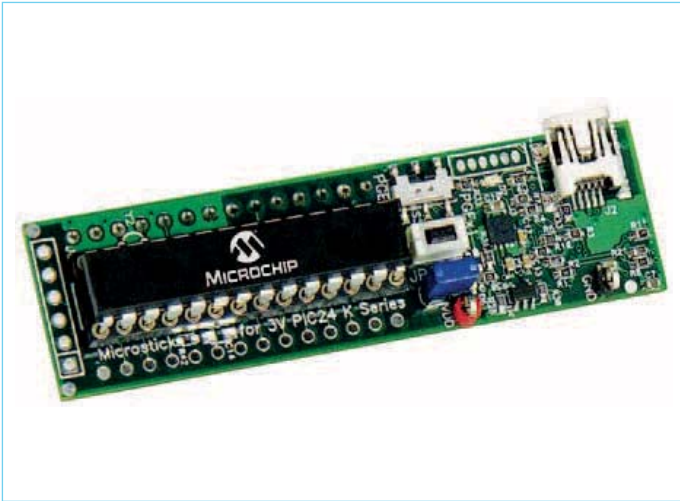


Bild 4. Der PIC24KL-Microstick von Microchip wird natürlich von der Entwicklungsumgebung MPLAB X unterstützt.



Bild 5. Benannt nach dem Superhelden Wolverine aus den X-Men-Comics setzt der Chip MSP430 von Texas Instruments neue Rekordmarken in Sachen Stromsparen: Weniger als 100  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  im aktiven Betrieb.

Browser enthält. Stetig kommen hier neue Module hinzu. Mit dem „Digital Filter Designer“ lassen sich sehr einfach Filter in Hardware konfigurieren.

Wer schon mit Entwicklungs- bzw. Evaluations-Boards zu tun hatte, der weiß, dass häufig eine Kick-Start-Version eines IAR-Compilers beigelegt ist. Für die Programmierung und das Debugging solcher Boards braucht es oft spezielle Hardware, die vielfach von Segger lizenziert ist. Jetzt aber präsentiert IAR mit dem gelben I-jet ihren eigenen In-Circuit-Debugger, der sich für die meisten ARM-Controller eignet.

In Elektor erschienen schon viele Projekte mit den USB/Seriell-Konverter-Chips von FTDI, weshalb wir besonders neugierig auf die neue X-Chip-Serie aus immerhin 13 ICs waren. Diese Teile bieten eine Brücke von USB 2.0 nach UART, SPI/FT1248, I<sup>2</sup>C und FIFO und sind als Ergänzung zu R-Chip- und Hi-Speed-Produkten gedacht. Auf der Messe gab es kostenlose USB/I<sup>2</sup>C-Breakout-Boards (UMFT201XB-01) im Format eines USB-Sticks. Für deren Betrieb braucht es Treiber. Nach unserer Erfahrung ist mindestens die Treiber-Version 2.08.23 notwendig. Windows 2000 und älter werden nicht mehr unterstützt. Linux-Treiber waren auf der Messe übrigens noch nicht verfügbar, aber angeblich soll OS X und auch Android funktionieren. Lantronix und Digi konkurrieren in einem Nischenmarkt: Linux-basierte Web-Server in der Größe von und inklusive eines RJ45-Steckers. Diesmal setzte Lantronix eine neue Marke in Sachen Miniaturisierung, da sie den RJ45-Stecker wegließen. Der xPico ist ein kompletter Server/Webserver mit vollem IP-Stack und misst nur 24 x 16,5 mm. iPad/iPod-Besitzer könnte der xPrintServer von Lantronix interessieren, womit man auf jedem Drucker im eigenen Sub-Netz drucken kann. Eine Android-Variante ist noch im Beta-Stadium und folgt bald.

Die für ihre drahtlosen XBee-Module bekannte Firma Digi hatte ebenfalls Neues im Programm: Neben dem Modul XBee-PRO 868, das sich für Sichtfunkverbindungen bis 80 km eignet, erzählten uns die Mitarbeiter von Arbeiten an Cloud-Diensten. Sehr interessant war auch die Verfügbarkeit von iDigiConnector, einem freien und portablen Stack, um Mikrocontroller an die iDigi-Cloud anzubinden. Das sieht doch ganz nach einem zukünftigen Elektor-Projekt aus, oder?

Gegen Ende der Messe besuchten wir noch den Stand von WIZ-net. Dieser koreanische Hersteller hat sich auf Internet-Chips und -Module spezialisiert; nun gibt es auch eine europäische Tochterfirma. Wir nahmen einige vielversprechende Muster mit, die sicherlich bald in Elektor erwähnt werden.

Damit kommen wir zum Ende des Berichts über unsere dreitägige Tour durch die Messe, voll von Gesprächen und Demonstrationen. Es gab noch sehr, sehr viel mehr zu sehen und zu erleben, doch reicht der Platz leider nicht aus, um alles zu erwähnen, was uns beeindruckt hat. Aber 2013 gibt es wieder eine *Embedded World!*

(120297-1)

#### Hinweis:

[1] Jan wird die Messe Design West 2012 in San Jose, Kalifornien, besuchen. Hier gibt es als Entschädigung für (zu) viele Mikrocontroller reichlich Sonne...





# The RL78 Green Energy Challenge

Now's your chance to develop a unique and energy-efficient project application that could change the perception of low-power design forever! Get your green on and join the Renesas RL78 Green Energy Challenge today for a chance to win your share of a \$17,500 cash grand prize!

Plus, follow Renesas on Twitter and Facebook for your chance to win additional prizes from official contest partners. **Every Monday, Renesas will post a new challenge question.** Answer correctly and you'll be entered into a drawing to win free developments tools, Pmods, Wi-Fi modules, embedded systems books, cash prizes, and more! Challenge winners will be notified and announced weekly.

**\$20,000  
in cash  
prizes...**

**and  
additional  
weekly drawings**



In association with *Elektor* and *Circuit Cellar*

Official Contest Partners: Analog Devices, Inc., CMX Systems, Inc., Exosite, GainSpan Corporation, Micrium, NDK Crystals (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), Okaya Electric Industries Co. Ltd., and Total Phase, Inc. Participation in Weekly Challenges and receipt of partner prizes is not a factor in selecting winners for the Grand Cash Prize from Renesas. See website for complete rules and details. Void where prohibited by law.

For complete details, visit

**[www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge](http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge)**



Follow Renesas on Facebook at  
[www.facebook.com/renesaseurope](http://www.facebook.com/renesaseurope)  
and on Twitter @Renesas\_Europe





- ✓ Innovative Produkte, viele aus eigener Herstellung
- ✓ Ausführliche Produktbeschreibungen
- ✓ Kauf ohne Risiko

## Finden Sie bei ELV Produkte und Ideen für Ihre Elektronik-Projekte

- Bestellen Sie sicher und bequem von zu Hause, Beratung inklusive
- Keine Transportkosten ab € 150,- Warenwert
- Auf Wunsch: Lieferung an Packstationen – rund um die Uhr abholen und retournieren
- 14-tägiges Rückgaberecht
- Zuverlässig und sicher – Trusted-Shops-zertifiziert
- Ausführliche Produktbeschreibungen, 360°-Ansichten und Videos
- Ca. 17.500 Produktbewertungen im Web-Shop, viele davon im Katalog
- Zahlreiche Experten-Tipps und FAQs im Katalog und Web-Shop
- Experten-Hotline – Beratung per Telefon und E-Mail

## Von der Idee zum fertigen Produkt

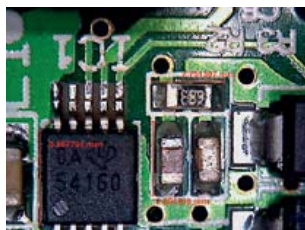
- Über 55 erfahrene Ingenieure und Techniker entwickeln innovative Ideen
- Die Produktion im konzerneigenen Werk ist seit vielen Jahren nach der Qualitätsnorm ISO 9001:2000 zertifiziert
- Wir bieten Ihnen beste Qualität zu Top-Preisen!
- Unsere Hersteller-Kompetenz setzen wir in der Logistik und Qualitätssicherung ein – Ihr Vorteil: schnelle Lieferung und erstklassige Produktqualität



**Kostenloser Katalog:**  
[www.katalog.elv.de](http://www.katalog.elv.de)



### ELV-USB-Mikroskop mit Auto- fokus und Skalierungssoftware



WF-10 05 99

**€ 69,-**

- Autofokus, kein manuelles Justieren erforderlich
  - Vergrößerung: 65x/225x einstellbar
  - Aufnahme von Einzelbildern und Videos auf dem PC, manuell oder automatisch zeitgesteuert inkl. Intervallsteuerung
  - Bild-/und Videoaufnahmen mit max. 1600 x 1200 Pixeln
  - Anpassung an die Netzfrequenz für flimmerfreie Aufnahme
- Abm (ø x L): 32 x 132 mm. Lieferung inkl. Skalierungssoftware, um Aufnahmen vermessen zu können

### ELV-Komfort-Lötstation LS 50 inkl. LötKolbenablage mit Schwamm



WF-08 94 17

**€ 49,95**

Aktionspreis nur gültig bis zum 06.05.2012

- 50 W Leistung, hohe Leistungsreserve für alle Elektronikarbeiten, auch bleifreies Löten
- Großes Multifunktions-Display
- Kurze Anheizzeit – in ca. 60 s auf Solltemperatur (150–450 °C)
- Stand-by- und Abschaltautomatik – schont die Lötspitze
- Drei programmierbare und auf Tastendruck abrufbare Temperaturen

## Präzisions-Multifunktions-TrueRMS-Tischmultimeter



WF-06 39 97

€ 239,95

Mit sehr hoher Auflösung bei Gleichspannungsmessung von 1  $\mu$ V und einer Genauigkeit von 0,03 % sowie Messwertspeicher für 30 Messwerte. Mit der mitgelieferten Software ist es als Datenlogger einsetzbar, außerdem bietet die PC-Software neben der möglichen Auto-Gerätekalibrierung umfangreiche Visualisierungs- und Auswertmöglichkeiten, so u. a. eine dynamische Skalierung für die hochgenaue Erfassung auch kleinster Messwertänderungen.

TECHNISCHE DATEN	*Grundgenauigkeit
Gleichspannung	50/500 mV/5/50/500/1000 V; 0,03 %*
Wechselspannung (AC/DC+AC)	50/500 mV/5/50/500/1000 V; 0,5 %*; TrueRMS
Gleichstrom	500 $\mu$ A/5/50/500 mA/5/10 A; 0,15 %*
Wechselstrom (AC/DC+AC)	500 $\mu$ A/5/50/500 mA/5/10 A; 0,75 %*; TrueRMS
Widerstand	500 $\Omega$ /5/50/500 k $\Omega$ /5/50 M $\Omega$ ; 0,1 %*
Kapazität	50/500 nF/5/50/500/5000 $\mu$ F; 1,0 %
Frequenz (Logik)	10 Hz–200 kHz; 0,006 %, Empfindlichkeit: 4 mV
Frequenz (Linear)	5 Hz–2 MHz; 0,006 %; 2–5 Vss, Rechtecksignal
Tastverhältnis	10–90 % (5 Hz–500 kHz)

## Digital-Multimeter/RLC-Meter VC88C



WF-07 28 12

€ 24,95

Mit übergroßem Display mit 28 mm hohen Zeichen, beleuchtbar. Die RLC-Messbereiche ersetzen komplett ein separates RLC-Meter. Ein weiterer Frequenzmessbereich bis 10 MHz, die Transistortestfunktion und die externe Temperaturmessmöglichkeit bis 1000 °C machen die Ausstattung komplett. Abm. (B x H x T): 97 x 189 x 35 mm. Lieferung mit Messleitungen, 9-V-Blockbatterie, K-Type-Tempersensor und Messadapter für Transistor-test, LC-Messungen.

Das sagen unsere Kunden im Web-Shop

★★★★★ (Stand 03.2012)  
(44 Produktbewertungen)

TECHNISCHE DATEN	*Grundgenauigkeit
Gleichspannung	200 mV/2/20/200/1000 V; 0,5 %*
Wechselspannung	200 mV/2/20/200/750 V; 0,8 %*
Gleich-/Wechselstrom	2/20/200 mA/20 A; 0,8/1,0 %
Widerstand	200 $\Omega$ /2/20/200 k $\Omega$ /2/20/2000 M $\Omega$ ; 0,8 %*
Kapazität – Induktivität	20/200 nF/2/20/200 $\mu$ F; 2,5 % – 2/20/200 mH/2/20 H; 2,5 %
Temperatur	-40 bis +1000 °C; 1,0 %
Frequenz	2/20/200/2000 kHz/10 MHz; 0,5 %
Sonstiges	Dioden- und Transistortestfunktion, akustischer Durchgangsprüfer, Peak-Hold-Funktion, automatische Abschaltung, Batteriewarnung

Über 400 weitere Messtechnik-Produkte für Ihre Projekte finden Sie auf: [www.messtechnik.elv.de](http://www.messtechnik.elv.de)

## 360°-Neigungssensor „Bevel Box“



WF-06 87 73

€ 39,95

Einfach ansetzen und sofort wird der exakte Winkel zur Waage-rechten angezeigt.

- Messbereich  $\pm 180^\circ$
  - Genauigkeit  $\pm 0,1^\circ$
  - Auflösung 0,1°
  - Spritzwassergeschützt (IP 54)
  - Magnetischer Gehäuseboden
- Lieferung inkl. Aufbewahrungstasche und Li-Knopfzelle

## USB-Endoskopkamera

- Kamerakopf 10 mm mit CMOS-Kamera, Öffnungswinkel 54°
  - Ausgabeauflösung 640 x 480 Pixel, Bildrate bis 30 fps, Bildformat AVI
  - Schwanenhals 730 mm
- Lieferung inkl. Bergehaken, Magnethalter, Umlenkspiegel, Treiber- und Capture-Software und Werkstattkoffer



WF-10 03 75

€ 29,95

Abm. (B x H x T):  
50 x 50 x 32 mm

## Batavia-XXL-Mini-Handkreissäge „Speed Saw“

- Hohe Drehzahl (4000 1/min) mit Sanftanlauf und Überlastschutz
- Kräftiger 450-W-Motor
- Stufenlose Schnitt-Tiefen-Einstellung bis 27 mm
- Saubere Tauchschnitte ohne Ausreißen und „Narben“, z. B. in Holz, Linoleum, Kunststoff, Kupfer, Fliesen, Stein, Parkett, Aluminium etc.

Lieferung im Werkstattkoffer mit umfangreichem Zubehör

BATAVIA



Direkt bestellen  
[www.elv.de/saege](http://www.elv.de/saege)

Das sagen unsere Kunden im Web-Shop

★★★★★ (Stand 03.2012)  
(137 Produktbewertungen)

WF-09 42 22

€ 63,95



Über 1200 weitere Werkzeuge und Löttechnik-Produkte für Ihre Projekte finden Sie auf: [www.werkstatt.elv.de](http://www.werkstatt.elv.de)

Bestell-Hotline: + 49 (0)491/6008-88

[www.elv.de](http://www.elv.de)

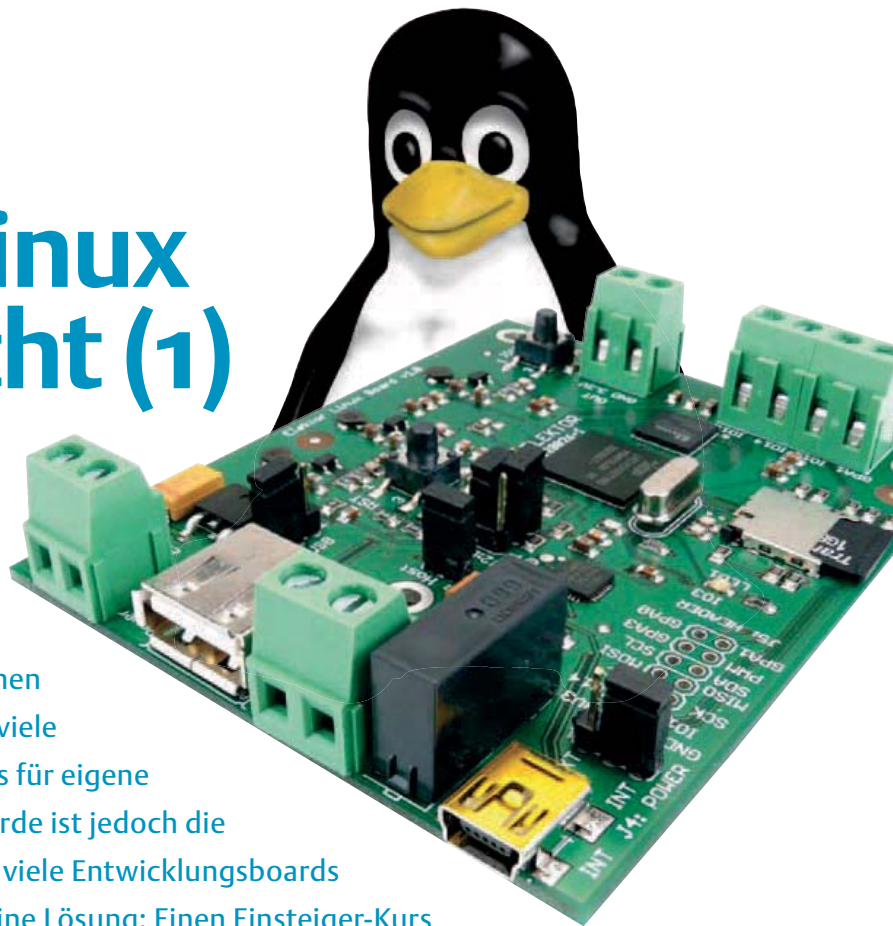


# Embedded Linux leicht gemacht (1)

## Der Einstieg

Von Benedikt Sauter [1]

Linux läuft heutzutage auf vielen verschiedenen Geräten – sogar in Kaffeemaschinen. Es gibt viele Elektroniker, die am Einstieg in Linux als Basis für eigene Controller-Projekte interessiert sind. Eine Hürde ist jedoch die scheinbar hohe Komplexität, außerdem sind viele Entwicklungsboards recht teuer. Elektor hat für beide Probleme eine Lösung: Einen Einsteiger-Kurs und eine kompakte, preiswerte Platine.



Auf dem Markt gibt es bereits einige Einsteigerkurse für 8-bit-Mikrocontroller, doch noch wenig Literatur oder Webseiten für Embedded-Linux-Anfänger. Die meisten Beschreibungen setzen zu viele Vorkenntnisse voraus und driften zu schnell in kryptische Quelltexte, Spezialthemen und Feinheiten ab. Dabei ist ein Linux-Betriebssystem für Mikrocontroller eigentlich „nur“ eine klassische, gut strukturierte und sehr modulare „Firmware“. Mit einem soliden Mikrocontroller-Grundwissen kann man auch ein solches scheinbar komplexes System verständlich erklären.

Was benötigt man für einen Einstieg in diese Welt? In den Anfangszeiten von Computern und Mikroprozessoren war es für jeden Interessierten kein Problem, die Hardware, das Betriebssystem, die Anwendungen, Treiber und das gesamte Zusammenspiel eines Computers zu verstehen. Der Grund lag wohl primär darin, dass es noch nicht solch eine enorme Auswahl an Komponenten wie heute gab. Man konnte sich den wenigen vorhandenen Bausteinen und Anwendungen viel intensiver widmen. In der Regel führte man den Aufbau der Hardware wie auch die Inbetriebnahme in Eigenregie durch. Um Fehlern überhaupt auf den Grund gehen zu können, musste man logischerweise ganz genau verstehen, wie das System arbeitet.

Auf diese Art und Weise soll Linux auch in dieser Artikelserie erarbeitet werden. Als Hardware nutzen wir ein kompaktes Board, das mit allem ausgestattet ist, was man für ein modernes Embedded-Projekt benötigt (**Bild 1**), darunter USB, SD-Karten-Anschluss und verschiedene Erweiterungsmöglichkeiten. Auch der Anschluss an ein Ethernet-Netzwerk ist kein Problem, hierzu mehr in einer kommenden Folge des Kurses. Basis des Elektor-Linux-Boards ist das Open-Source-Projekt „Gnublin“, das für Ausbildungszwecke an der Hochschule Augsburg entwickelt wurde [2].

Das Linux-Board kommt bewusst ohne Spezial-Bausteine aus. Die zweilagige Platine wird von Elektor fertig bestückt angeboten (siehe **Bild 2**). Auf den Schaltplan gehen wir ausführlich im zweiten Teil ein; der Vollständigkeit halber zeigen wir ihn aber schon jetzt (**Bild 3**). Die Hardware steht unter der „freedomdefined.org/OSHW“-Lizenz, was beinhaltet, dass wir auch die CAD-Daten zur Verfügung stellen [3]. Selbstverständlich ist auch die Software zu diesem Projekt komplett open source, sie kann wie immer von der Elektor-Website heruntergeladen werden [3].

### Schritt für Schritt

Eine kleine Roadmap unseres Kurses sieht man in **Bild 4**. Der Linux-Einsteiger sollte zuerst einmal verstehen, wo die wichtigs-

ten Anwendungen und Softwarekomponenten ihren Ursprung haben. Eine Reihe dieser Komponenten bilden die Basis für unser Elektor-Linux (oder andere aktuelle Linux-Systeme, z.B. für den PC). Außerdem lernt man, wie die Hardware aufgebaut ist und funktioniert. Anschließend nehmen wir uns vor, eine passende Linux-Entwicklungsumgebung auf dem PC zu installieren, um Quelltexte selbst übersetzen zu können. Denn wenn man Linux auf einem Mikrocontroller einsetzen möchte, sollte auch die PC-Entwicklungsumgebung unter Linux laufen (schon allein wegen der Pfadnamen). Windows-User können Linux zum Beispiel in einer virtuellen Maschine installieren.

Anschließend erhält man durch praktische Beispiele nach und nach eine bessere Vorstellung, wie das Betriebssystem Linux funktioniert. Unser Abschlussprojekt wird eine einfache Heizungs-Regelung sein, mit einer grafischen Anzeige zur Konfiguration und Daten-Auswertung in einem Browser.

### Der Startschuss von GNU und Linux

Jeder angehende Linux-Profi sollte wissen, warum und wie die freie Unix-Implementierung GNU/Linux entstanden und organisiert ist. Dies ermöglicht auch eine bessere Erkennung der Grenzen dieses Betriebssystems. Vor allem bei technischen Problemen



## Eigenschaften des Elektor-Linux-Boards

- 2-Lagen-Board und leicht erhältliche Bauteile
- Keine Spezialhardware (Debugger, Programmer, etc.) notwendig
- Bootet vollständig von einer SD-Karte
- Fertig installiertes Linux
- 180 MHz, 8 MB RAM (32 MB möglich), 64 MB Swap-Speicher
- Integrierter USB-RS232-Wandler als Konsole
- Relais, externe Versorgung und Taster für schnelle Tests
- On-board 4 x GPIO, 3 x A/D-Kanäle und PWM-Kanal
- I2C und SPI als Schnittstelle aus Linux heraus nutzen
- USB-Schnittstelle für Erweiterungskarten

sollte man erkennen, welche Komponente oder Software die Ursache eines Fehlers sein könnte.

Begonnen hat die Entwicklung von UNIX [4] im Wesentlichen 1969, und zwar an den Bell Laboratories in den USA. Ken Thompson erstellte die erste UNIX-Version in Assembler. Um zu testen, was an Schnittstellen und Treibern benötigt wurde, schrieb Ken Thompson gemeinsam mit Dennis Ritchie das Spiel „Space Travler“. Diesen Schritt kann man sich als Mikrocontroller-Programmierer sehr gut vorstellen, denn jeder Embedded-Entwickler muss zunächst planen, wie die Software (inklusive Hardwareansteuerung und Hilfsfunktionen) zu Gunsten einer hohen Wiederverwendbarkeit der Quelltexte strukturiert werden soll. Ken und Dennis wussten bald, welche Komponenten man für ein Betriebssystem benötigt, und wie man das Ganze organisieren muss. Schließlich schrieben sie den Kern des Betriebssystems in den Jahren 1972 bis 1974 neu, und zwar in der Sprache C, die ebenfalls hier ihren Ursprung hatte. Das Betriebssystem wurde kostenfrei inklusive C-Compiler an Universitäten verteilt.

Erst Ende der 1970er Jahre merkte AT&T - Betreiber der Bell Laboratories - dass sie UNIX gewinnbringend vermarkten konnten. Bis zu dieser Zeit war es selbstverständlich, dass man Software verteilte und austauschte. Keiner hatte irgendwelche „Piraterie-Gefühle“ oder machte „illegale Sachen“. Es wurde gerne getauscht; mit dem Ziel, gemeinsam immer bessere Versionen der Software zu erhalten. Diese grundlegende Einstellung ist immer noch zentraler Kern von freier Software und Open-Source-Software [5][6].

Nachdem aber AT&T begann, UNIX zu verkaufen, durfte es nicht mehr frei getauscht werden. Die Verwendung in Vorlesungen oder zum Selbststudium war wegen der hohen Lizenzkosten plötzlich nicht mehr möglich. In dieser Zeit begannen immer mehr Firmen, eigene UNIX-Versionen und Varianten zu lizenzieren. So entstand z.B. SINIX von Siemens, das seinen Ursprung in der UNIX-Version Xenix von Microsoft hatte. Dass UNIX primär nur noch für Firmen verfügbar war, ließ einem Mitarbeiter des amerikanischen MITs [7], Richard Stallman, keine Ruhe. Schön war die Erinnerung an

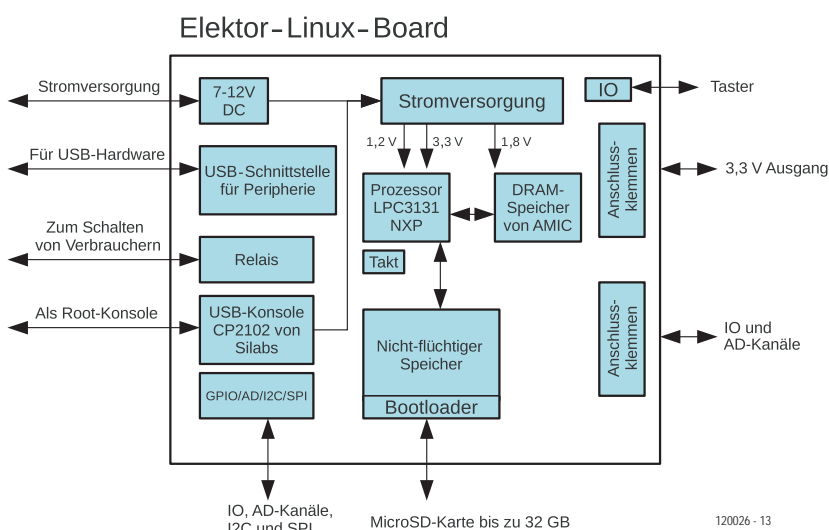


Bild 1. Das Board ist eine mächtige Basis für eigene Controller-Projekte, auch ein Netzwerkzugang ist möglich.

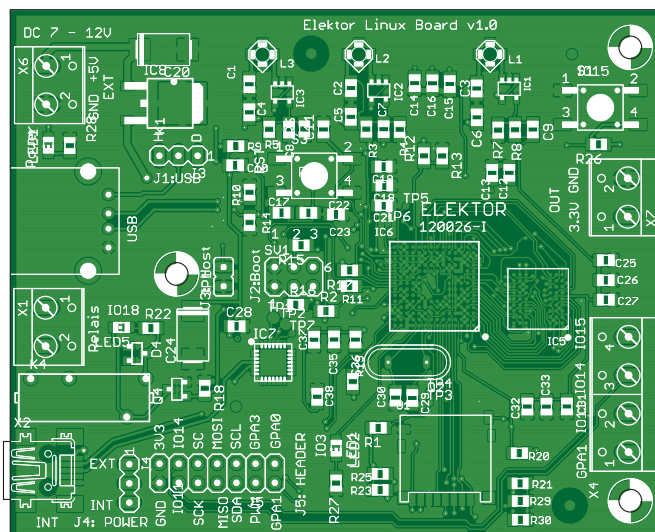


Bild 2. Die Platine wird von Elektor fertig bestückt angeboten.

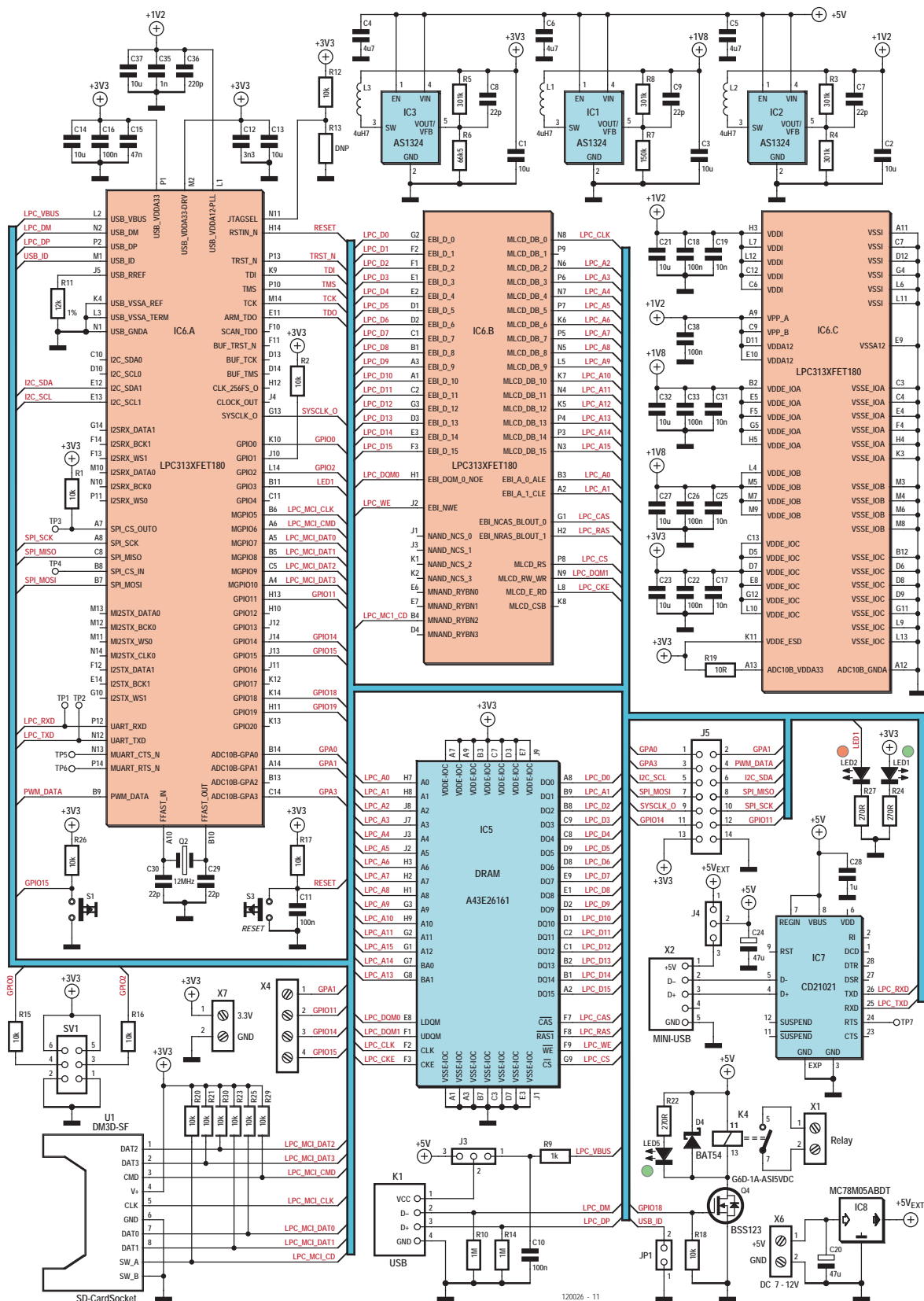


Bild 3. Für ein solch leistungsfähiges Board ist der Schaltplan sehr übersichtlich.

die Zeit, in der man UNIX mit Kollegen und Freunden tauschen konnte. Es gab nur eine Lösung - es musste ein komplett freies UNIX-System neu entwickelt werden! Die Geburtsstunde von GNU [8] („*GNU's Not Unix*“) war 1983. Vor Richard Stallman lag eine Menge Arbeit: Es musste ja alles neu implementiert werden, um ein zu 100 % freies Betriebssystem zu haben. Benötigt wurden:

- C-Compiler, Linker, Assembler (Toolchain)
- ein Text-Editor, um Quelltexte schreiben zu können
- Betriebssystem-Kernel
- Diverse Hilfsprogramme
- Root-Dateisystem des Betriebssystems

1990 waren schließlich alle wesentlichen Teile entwickelt - mit Ausnahme des Betriebssystem-Kernels. Richard Stallman wusste: Erst wenn der Texteditor und auch der Compiler stabil funktionierten, machte ein Einstieg in die Kernel-Entwicklung Sinn.

### Die Anfänge von Linux

Etwa zur gleichen Zeit kaufte sich ein finnischer Student namens Linus Torvalds seinen ersten x86-Computer und entwickelte ein einfaches Terminal-Programm, um seinen Computer besser zu verstehen [9]. Für die Entwicklung setzte er Minix ein, das von einem Professor und seinem Team aus Amsterdam entwickelt wurde. Dieses Unix-Derivat war noch bezahlbar (und ist bis heute im Einsatz). Nach und nach merkte Linus Torvalds, dass sich sein Terminal-Programm immer mehr hin zu einem Betriebssystem entwickelte. Um auf ein großes Archiv an Software zurückgreifen zu können, war ihm klar, dass er ein POSIX-kompatibles System schaffen musste. POSIX definiert einen Standard, wie ein UNIX Betriebssystem auszusehen hat. In der Bücherei stand (zu unser aller Glück) die passende Literatur für POSIX-Systeme: Vermutlich war es ein Handbuch von einem anderen der vielen UNIX-Derivate. Im Wesentlichen musste Linus Torvalds ja nur wissen, wie die Systemaufrufe hießen bzw. welche Parameter übergeben werden mussten.

1992 stellte der junge Entwickler seine Errungenschaft im Internet zum freien

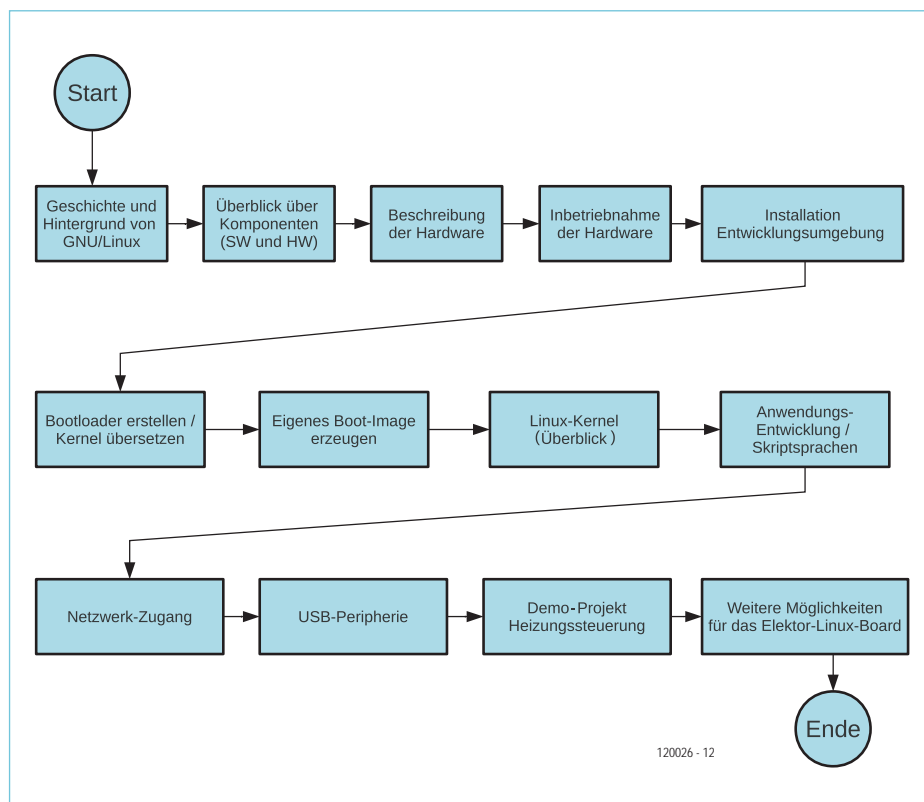


Bild 4. Roadmap unseres mehrteiligen Embedded-Linux-Einstiegs.

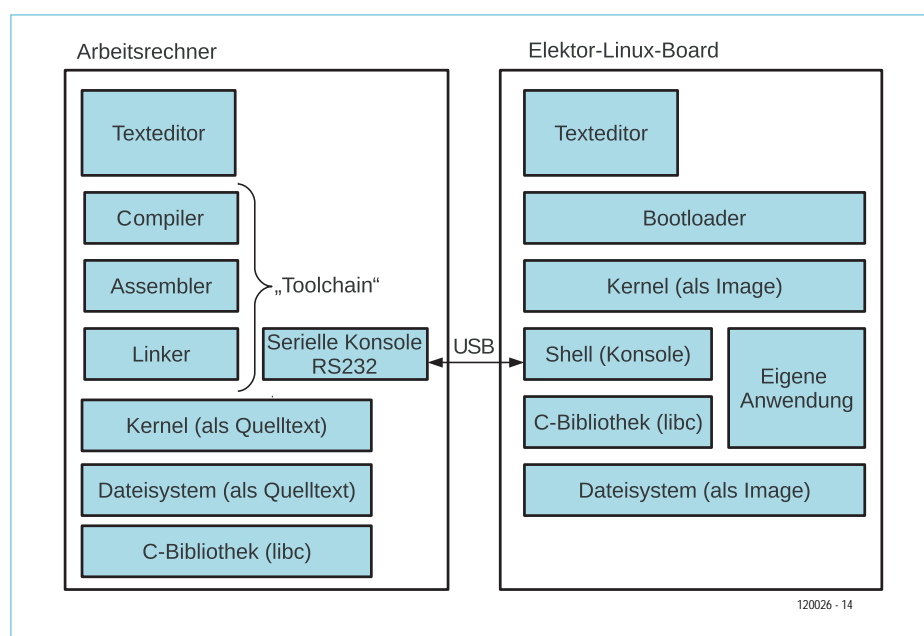


Bild 5. Bei der Software-Erstellung spielen ein (Linux-)Entwicklungsrechner und das Ziel-System zusammen.



```

$40networking end
Starting portmap daemon...
$5$bootmisc.sh start
net.ipv4.conf.default.rp_filter = 1
net.ipv4.conf.all.rp_filter = 1
System time was Thu Jan 1 00:00:06 UTC 1970.
Getting the System Clock using the Hardware Clock as reference...
hwclock: can't open '/dev/misc/rtc': No such file or directory
System Clock set. System local time is now Thu Jan 1 00:00:06 UTC 1970.
Mon Sep 26 22:13:00 UTC 2011
Saving the System Clock time to the Hardware Clock...
hwclock: can't open '/dev/misc/rtc': No such file or directory
Hardware Clock updated to Mon Sep 26 22:13:00 UTC 2011.
Disabling protocol version 1. Could not load host key
$5$bootmisc.sh end
INIT: Entering runlevel: 5
Starting syslogd/klogd: C64 m 20
done

ELEKTOR EDLK (Built by Poky 5.0) 5.0 elektor-gnublin tty50
http://www.gnublin.org
elektor-gnublin login:

```

Bild 6. Screenshot von der Konsole.

Download zur Verfügung [10]. Auf der Suche nach einer passenden Quelltext-Lizenz traf es sich gut, dass er zufällig einen Vortrag von Richard Stallman an der Uni hörte. Die GNU GPL (die Open-Source-Lizenz des GNU-Projekts) passte sehr gut. Und jetzt passierte etwas, was nie geplant war: Die Open-Source-Community erkannte schnell, dass der Kernel Linux von Linus Torvalds genau der fehlende Teil im GNU-Projekt von Richard Stallman war! Zwar hatte Stallman schon mit einem freien GNU-Kernel unter dem Namen Hurd begonnen – dieser erlangte aber nie die Bedeutung wie das Stück Software aus Finnland. Erst durch die Komplettierung des GNU-Projekts mit dem Linux-Kernel war ein komplett freies und offenes Betriebssystem möglich geworden. Der Fairness halber sollte man eigentlich nicht nur von Linux, sondern von GNU/Linux sprechen. Denn Linux bezeichnet wirklich nur den Kernel, alles andere kommt vom GNU-Projekt.

## Ein grober Überblick

Nach diesem kurzen Blick zurück wollen wir uns nun einen groben Überblick über die benötigten Komponenten unseres GNU/Linux-Systems verschaffen (siehe **Bild 5**). Grundsätzlich hat sich seit den Anfängen nichts geändert. Die grundlegenden Anwendungen von damals benötigen wir auch heute noch für unser

Elektor-Linux-Board.

Im Rahmen dieses Projekts werden wir einige dieser Ur-Programme verwenden. Um einige werden wir aber auch gezielt einen Bogen machen. Der Grund wird in den entsprechenden Abschnitten genannt.

## Texteditor

Der moderne Entwickler greift gerne auf einen Texteditor seiner Wahl mit Syntax-Highlighting, automatischer Code-Vervollständigung und integrierter API-Dokumentation zurück. Um schnelle Änderungen direkt auf dem Elektor-Linux-Board vornehmen zu können, benötigt man einen Text-Editor, der einfach von der Linux-Konsole (siehe unten) aus zu verwenden ist.

Es gibt klassische Editoren wie „vi“ (oder „vim“ in der benutzerfreundlicheren Version) oder „nano“, die hierfür perfekt geeignet sind. Beide befinden sich im Root-Dateisystem (siehe unten) des Elektor-Linux-Boards. Der klassische Linux-Entwickler verwendet den gleichen Text-Editor auch auf seinem Arbeitsrechner, so muss man nicht umdenken.

Darüber hinaus gibt es noch den sehr bekannten Editor „Emacs“. Eventuell hat der ein oder andere von diesem Editor bereits gehört. Er wurde von Richard Stallman im Rahmen des GNU-Projekts entwickelt. Emacs eignet sich wegen seines großen Funktions-

umfangs sehr gut für Profis; Anfänger tun sich mit einem einfacheren Editor leichter.

## Compiler + Linker + Assembler = Toolchain

Um Programme auf einem Prozessor zum Laufen zu bringen, benötigt man Maschinencode für die entsprechende Zielarchitektur. Die GNU-Toolchain beinhaltet alle Softwarekomponenten, um die Umwandlung von C nach Maschinencode erfolgreich durchführen zu können. Sie wurde dahingehend entwickelt, dass man einfach neue Maschinenbefehlssätze hinzufügen kann. So gibt es Versionen für x86, amd64, AVR, ARM, MIPS, MSP430 und viele weitere. Da das Elektor-Linux-Board mit einem ARM-kompatiblen Mikrocontroller ausgerüstet ist, werden wir eine entsprechende ARM-Toolchain verwenden. Dazu aber mehr, wenn wir sie installieren.

## Kernel

Der Kernel ist der Kern des Betriebssystems. Ursprünglich stammt der Quelltext von Linus Torvalds, mittlerweile arbeiten einige 10.000 Kernel-Entwickler an den Quelltexten mit. Torvalds hat aber immer das letzte Wort; Veränderungen und Erweiterungen nimmt er an oder lehnt sie ab. Wer damit nicht einverstanden ist, kann natürlich seinen eigenen Kernel pflegen, es ist ja alles open source. Bis heute gibt es jedoch keine nennenswerte Abspaltung des Linux-Kernels. Die Softwareentwicklung wird über Mailinglisten organisiert. Jeder kann Mitglied in den Listen werden und Vorschläge einreichen. Dort wird die Änderung dann von vielen anderen bewertet und diskutiert. Der Kernel ist bis auf ein paar wenige Zeilen vollständig in C geschrieben. Er kann einfach mit der GNU-Toolchain von C nach Maschinencode übersetzt werden. Dies werden wir natürlich dann auch in der Artikelseerie an entsprechender Stelle machen.

## Dateisystem

Unter Windows ist es selbstverständlich, Dateien in den Ordner „Dokumente und Einstellungen“ des Benutzers zu legen. Programme werden im Ordner C:\Programme installiert, betriebssystemnahe Dateien liegen im Ordner „System32“ unter C:\Windows. Windows hat eben wie jedes andere

Betriebssystem eine Struktur, um Ordnung in die vielen Programme und Dateien zu bekommen. Nun stellt sich natürlich die Frage, woher das Dateisystem bei Embedded GNU/Linux stammt. In diesem Fall nicht von Linus Torvalds oder Richard Stallman; eine gemeinsame Basis für jedes Unix/Linux hat sich vielmehr durch den POSIX-Standard Schritt für Schritt etabliert. Mehr Bedeutung haben die so genannten Root-Dateisysteme später durch bekannte Distributionen wie Debian, Suse etc. erhalten. Diese Distributionen stellen dem Anwender ein fertiges GNU/Linux-System mit installierten Anwendungen, grafischen Oberflächen und einem aktuellen Kernel zur Verfügung. Um auf unserem Board Linux nutzen zu können, benötigt man ebenso solch ein Root-Dateisystem. Meistens genügt ein sehr kleines mit einem geringen Umfang an Programmen und Bibliotheken. Ein klassisches Desktop-Linux wäre für ein Embedded-Board viel zu umfangreich. Es gibt spezielle Programme, mit denen man sich ein angepasstes Root-Dateisystem selbst erstellen kann. Alternativ gibt es alle großen Distributionen auch schon für ARM-Prozessoren; dazu mehr an entsprechender Stelle.

### C-Bibliothek

Ein Computer oder Produkt lebt immer von den Anwendungen. Das Betriebssystem ist ja nur die Instanz im Hintergrund, die es ermöglicht, Hardware zu nutzen, Speicher zu reservieren, Kommunikation über Schnittstellen und Netzwerke zu ermöglichen und vieles mehr. Schreibt man nicht jedes Mal wieder aufs Neue Funktionen für das Dateien lesen und schreiben, String-Funktionen etc. programmieren. Dafür gibt es für alle Entwickler eine C-Bibliothek als Standard, in der bekanntesten Version als „libc“ bezeichnet. Für Embedded-Systeme gibt es diese in noch schlankeren Versionen, denn so viel Speicher und Rechenleistung wie auf einem Arbeitsrechner gibt es hier meist

nicht.

Die C-Bibliothek ist die Schnittstelle zwischen Anwendung und Kernel. Zudem liefert die C-Bibliothek viele Hilfsfunktionen, welche immer wieder benötigt werden. Die C-Bibliothek wird dynamisch zur Laufzeit geladen, die Programme werden dynamisch hierauf gelinkt. So spart man eine Menge Speicherplatz, da man die Bibliothek für alle Programme gemeinsam nur einmal im Speicher vorhalten muss.

### Serielle Konsole / Shell

Die Konsole – vergleichbar mit der „Eingabeaufforderung“ bei Windows – nimmt Benutzereingaben entgegen, löst Aktionen aus (auch auf einem entfernten Gerät) und zeigt Ergebnisse an. Die Konsole ist so Schnittstelle in das System. Im Allgemeinen nutzt man eine „Shell“ als Linux-Konsole. Das ist ein eigenes Programm, das viele Hilfsmittel mitbringt, um ein Linux-System einfach bedienbar zu machen. Auf die Shell kommen wir später zurück.

An einem mit Linux gestartetem Rechner ist die klassische Root-Konsole der Bildschirm und die Tastatur (auf klassische Konsole umschalten mit STRG-ALT-F1). Netzwerkadministratoren verwenden typischerweise Protokolle wie SSH oder bei unkritischen Daten auch Telnet. Sie ermöglichen den Zugriff auf die Root-Konsole über eine Netzwerkverbindung. Eine dritte Option ist die Nutzung einer Konsole über eine RS232-Schnittstelle. Als passendes Gegenstück benötigt man auf dem Arbeitsrechner ein Konsolen-Programm, das sich per serieller Schnittstelle verbinden kann (wie z.B. unter Windows Hyperterminal oder TeraTerm bzw. unter Linux z.B. picocom).

### Ausblick

Im nächsten Artikel dieser Serie zeigen wir, wie die Hardware (Bild 1) aufgebaut ist. Näher betrachtet werden die Stromversorgung, der Mikroprozessor, der SDRAM-

Baustein und die Schnittstellen. Ein weiteres Thema wird der Bootablauf sein. Dank der vorinstallierten Demo-Software (**Bild 6**) kann man direkt nach Erhalt des Boards erste Erfahrungen sammeln.

(120026)



### Weblinks

- [1] [sauter@embedded-projects.net](mailto:sauter@embedded-projects.net)
- [2] [www.gnublin.org](http://www.gnublin.org)
- [3] [www.elektor.de/120026](http://www.elektor.de/120026)
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Unix>
- [5] [http://de.wikipedia.org/wiki/Freie\\_Software](http://de.wikipedia.org/wiki/Freie_Software)
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/OpenSource>
- [7] [http://de.wikipedia.org/wiki/Massachusetts\\_Institute\\_of\\_Technology](http://de.wikipedia.org/wiki/Massachusetts_Institute_of_Technology)
- [8] [www.gnu.org](http://www.gnu.org)
- [9] „Die Software Rebellen“, Glyn Moody, ISBN-3-478-38730-2
- [10] [www.kernel.org](http://www.kernel.org)

## Elektor Produkte & Service

- Elektor-Linux-Board, Platine bestückt und getestet 120026-g1
- Software-Download (gratis)

Alle Produkte und Downloads sind über die Website zu diesem Artikel erhältlich: [www.elektor.de/120026](http://www.elektor.de/120026)

# Preamp 2012 (2)

## Teil 2: Moving-Coil / Moving-Magnet (MC / MM)

Von Douglas Self (UK)

Falls diese Entwicklung an Ihnen vorbei ging: Vinyl erlebt derzeit einen richtigen Hype. Selbst richtig junge Musiker veröffentlichen ihre Alben parallel zur CD auf Platten, bevorzugt in der 180-g-Ausführung. Und ordentliche Plattenspieler werden mittlerweile zu extragalaktischen Preisen gehandelt! Doch das nützt ja alles nichts, wenn man zum eingesetzten Tonabnehmer keinen optimal passenden Vorverstärker hat. Und genau darum geht es in diesem Beitrag.

Ein Blick zurück auf das im Teil 1 der Serie [1] enthaltene Blockschaltbild: Diesen Monat geht es um die Blöcke „MC preamp“, „Last-Synthesizer“, „MM preamp“, „Bandbreite-Begrenzung“ und „Gain Umschaltung“. Bei den Schaltern im Block „Gain Umschaltung“ handelt es sich faktisch um eine Jumper-Reihe. Alle diese Einheiten passen auf eine einzige Platine, der zweiten aus dem aus sieben Boards bestehenden Platinen-Satz zu diesem High-End-Audio-Vorverstärker. Bei einer Tour durch die Schaltung in **Bild 1** kann man sehen, wie die Sache funktioniert.

### MC: Moving-Coil-Stufe

Der Vorverstärker für Moving-Coil-Tonabnehmer ist rund um T1...T4 und die Opamps IC1A und IC2A aufgebaut, die für niedriges Rauschen im Zusammenhang mit der niedrigen Impedanz der Spule stehen. Die Stufe

hat eine fixe Verstärkung von +30 dB. Die genaue Anpassung der Verstärkung an unterschiedlich empfindliche Tonabnehmer wird weiter in der Kette vorgenommen. Bei dieser Architektur muss man keine Kompromisse bezüglich Rauschen oder Dynamikbereich eingehen, da man die Verstärkung erst in der MC-Stufe umschalten muss. Letzteres macht den Aufbau deutlich einfacher.

Die „rohe“ Gesamtverstärkung der Stufe beträgt sogar +45 dB, um einen hohen Lastwiderstand für IC1A bei gleichzeitig niederohmigem Ausgangswiderstand der Stufe zu erlauben. Nur ein Teil der Ausgangsspannung wird über C7 am Spannungsteiler R8/R9 abgegriffen. Die zusätzlichen 15 dB Verstärkung ergeben keine Dynamikprobleme, da der Pegel an dieser Stelle noch sehr gering ist.

Die Gleichspannungseinstellung für die vier parallelen Eingangstransistoren wird von R3/R4 vorgenommen. Die Gleichspannung für IC1A wird unabhängig davon mit dem Integrator um IC2A eingeregelt, wodurch sich exakt 0 V am Ausgang einstellen.

Diese spezielle MC-Stufe hat ein um 1 dB besseres Rauschverhalten bei Quellenwiderständen zwischen 3,3 und 10  $\Omega$ , wenn man sie mit meinen früheren Varianten vergleicht. Dies ist vor allem den parallelen PNP-Transistoren vom Typ 2SA1085 zu verdanken, die zudem einfacher als der abgekündigte Typ 2SB737 erhältlich sind. Die 2SB737 kann man natürlich auch verwenden, wenn man welche bekommt.

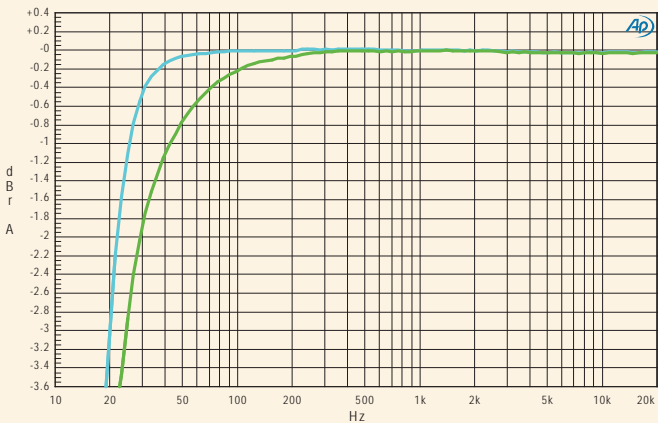
Auf der Platine sind optionale Plätze für R1 und C1 vorgesehen, sodass man die Last an den Tonabnehmer anpassen kann. Aufgrund der geringen Impedanz von MC-Sys-



Messkurven

MC/MM-Platine # 110650-2.  
Test-Equipment: Audio Precision Two Cascade Plus 2722 Dual Domain (@Elektor-Labor).

Hier lieferte der AP-2 ein amplitudenkorrigiertes Signal nach RIAA-Verzerrung. Dies erlaubt die durchgehende Anzeige der Abweichung von der idealen RIAA-Kurve (Amplituden-Fehler). Die Kurve mit der größeren Abschwächung ergibt sich bei angezogenem Relais für die IEC-Erweiterung. Die Abweichung liegt bei 20 kHz unter 0,06 dB, gemessen am linken MC-Eingang. Der rechte Kanal brachte nahezu identische Resultate.  
Die Ergebnisse rechtfertigen die Investition in viele teure Polystyrol-Kondensatoren in dieser Stufe durchaus.



temen hat dies aber nur einen kleinen Einfluss auf den Frequenzgang. Die für Experimente sinnvollen Wertebereiche liegen bei 10 Ω...1 kΩ für R1 und bei 0...10 nF für C1.

MM: Moving-Magnet-Stufe

Dieser Teil ist relativ konventionell gestrickt, mit der Ausnahme vielleicht, dass hier Polystyrol-Kondensatoren zum Einsatz kommen, da Polyester-Kondensatoren eine größere Toleranz und nichtlineare Verzerrungen aufweisen. Die vielen parallelen Cs sowie R22 | R23 und R24 | R25 ergeben zudem eine genauere RIAA-Entzerrung, da

sich zufällige Abweichungen ja (grob ähnlich wie beim Rauschen) im Mittel partiell kompensieren. Der Wert von C12 ist groß, da die IEC-Erweiterung nicht in dieser Stufe implementiert ist.  
Die HF-RIAA-Charakteristik wurde für die relativ niedrige Verstärkung dieser Stufe mit R26, R27 und C22 realisiert. Auch hier wurden Widerstände zwecks höherer Genauigkeit parallel geschaltet; C22 ist ein Polystyrol-Typ.  
Wichtig ist, dass der Opamp NE5534A (IC3) nur die Hälfte an Rauschen wie ein NE5532 aufweist und damit deutlich besser als ein

LM4562 mit seinem hohen Stromrauschen abschneidet. Durch die große Induktivität von MM-Tonabnehmern ist hier das Rauschen bei niedrigen Strömen das Problem. Der ohmsche und kapazitive Wert der Last hat hier einen sehr viel höheren Einfluss. Von daher ist der Platinenplatz für R13 und C8 sicher nicht verschwendet. Sinnvolle Werte für C8 liegen im Bereich 0...330 pF. Eine zusätzliche ohmsche Last ist selten erforderlich. Bei Bestückung von R13 muss man mit einer verschlechterten Rauschreduktion durch den Last-Synthesizer rechnen. Der kleinste brauchbare Wert für R13 ist 220 kΩ.

Technische Daten

Test-Bedingungen: Versorgung ±17,6 V; B = 80 kHz, gemessen am Ausgang der Volume/Balance/Klang-Stufe (# 110650-1); Ausgangspegel = 1 V.  
Test-Equipment: Audio Precision Two Cascade Plus 2722 Dual Domain (@Elektor-Labor).

MM: 5 mV in, 1 kHz, JP1/2 = 15 dB (Quelle 750 Ω)	THD+N S/N S/N S/N (Eingang kurzgeschlossen)	0,008 % 82 dB 86 dBA 88 dBA
MC: 0,2 mV in, 1 kHz, JP1/2 = 15 dB (Quelle 1 Ω)	THD+N S/N S/N	0,016 % 76 dB 79,5 dBA
Verstärkung MC-Stufe		29,8 dB

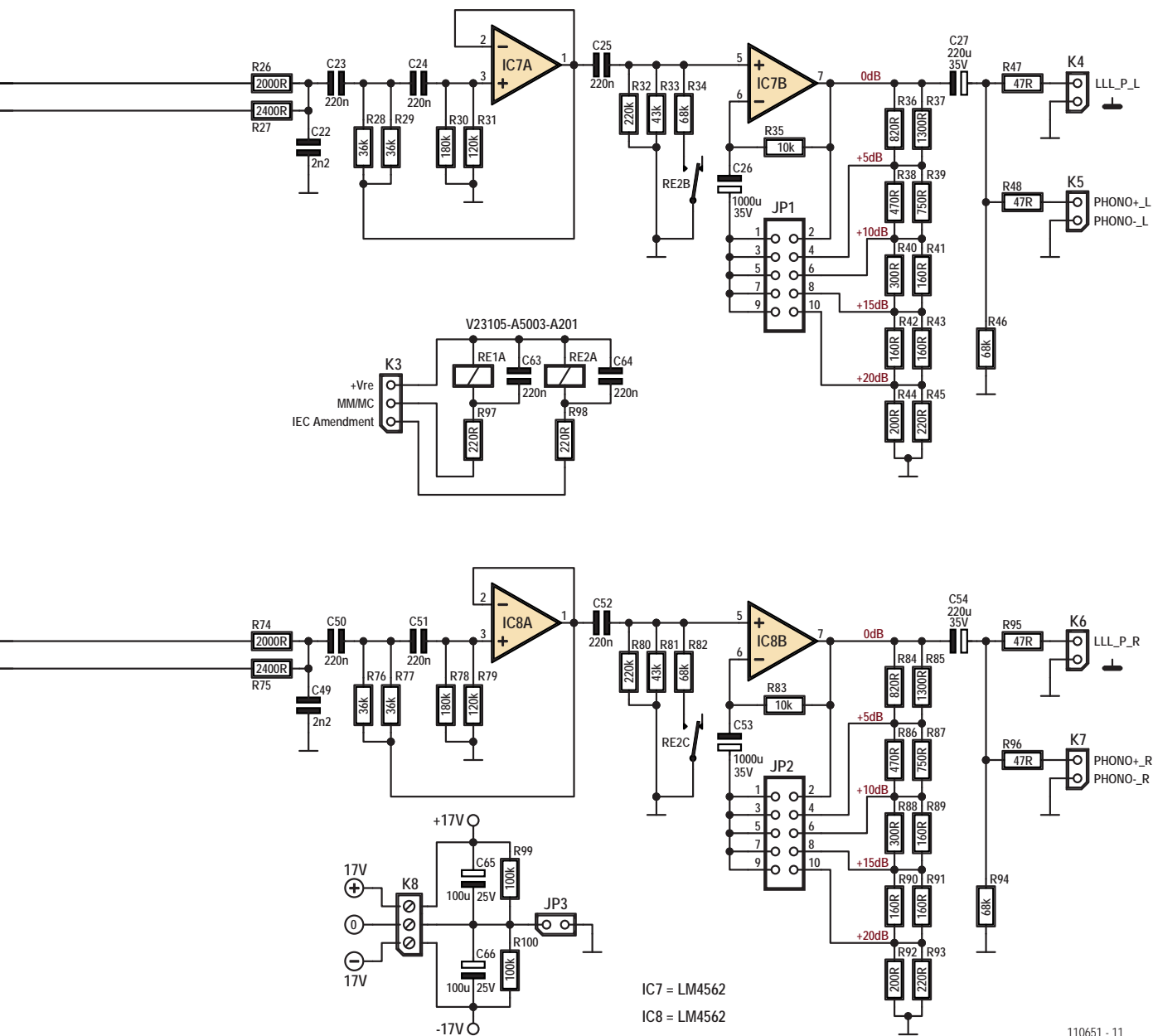
Eckfrequenz (−3 dB)	19,8 Hz (L) 20 Hz (R) 23,3 Hz (L, IEC-Erweiterung an) 24,8 Hz (R, IEC-Erweiterung an)
Abweichung vom geraden Frequenzgang	−0,06 dB (100 Hz ... 20 kHz)

Verstärkungseinstellung mit JP1/JP2 (dB)	L	R
0	0	0
5	5,22	5,23
10	10,95	10,97
15	14,71	14,72
20	19,52	19,51

Johnson-Rauschen eines echten Widerstands wird aber nicht synthetisiert, und deshalb sinkt das effektive Rauschen durch den viel höheren realen Wert von R16. Die Transfor-

05-2012 elektor





Bei der Entwicklung war niedriges Rauschen neben der Anpassung an unterschiedlichste Tonabnehmersysteme das primäre Ziel. Die Messungen zeigen, dass man es nicht mehr viel besser machen könnte.

hohe Eingangsimpedanz und IC4A verstärkt invertierend. Mit R19 | R20 und R17 | R18 sorgen Parallelschaltungen wieder für höhere Genauigkeit und somit für einen präzisen vir-

tuellen Lastwiderstand.

### Rumpelfilter

Hier generiert ein zweistufiger Butterworth-

Hochpass 3. Ordnung einen Abfall von -3 dB bei 20 Hz. Wieder sorgen R28 | R29 und R30 | R31 für hohe Genauigkeit. Meine vorige Version war nur einstufig, aber eine



## Stückliste

### Widerstände:

(1% Toleranz, Metallfilm, 0,25W)  
 R1,R13,R49,R61 = optional, siehe Text  
 R2,R8,R50,R56 = 100  $\Omega$   
 R3,R24,R35,R51,R72,R83 = 10 k  
 R4,R52 = 56 k  
 R5,R53 = 2k2  
 R6,R54 = 330  $\Omega$   
 R7,R55 = 3 $\Omega$   
 R9,R38,R57,R86 = 470  $\Omega$   
 R10,R11,R58,R59 = 2M2  
 R12,R32,R60,R80 = 220 k  
 R14,R62 = 510 k  
 R15,R63 = 430 k  
 R16,R64 = 1 M  
 R17,R65 = 27 k  
 R18,R66 = 39 k  
 R19,R20,R26,R67,R68,R74 = 2k0  
 R21,R45,R69,R93,R97,R98 = 220  $\Omega$   
 R22,R70 = 110 k  
 R23,R71 = 150 k  
 R25,R73 = 11 k  
 R27,R75 = 2k4  
 R28,R29,R76,R77 = 36 k  
 R30,R78 = 180 k  
 R31,R79 = 120 k  
 R33,R81 = 43 k  
 R34,R46,R82,R94 = 68 k  
 R36,R84 = 820  $\Omega$   
 R37,R85 = 1k3  
 R39,R87 = 750  $\Omega$   
 R40,R88 = 300  $\Omega$   
 R41..R43,R89..R91 = 160  $\Omega$   
 R44,R92 = 200  $\Omega$   
 R47,R48,R95,R96 = 47  $\Omega$   
 R99,R100 = 100 k

### Kondensatoren:

C1,C8,C28,C35 = optional, siehe Text  
 C2,C4,C7,C12,C27,C29,C31,C34,C39,C54 = 220  $\mu$ /35 V, 20 %,  $\varnothing$  8 mm, RM 3,5 mm  
 C3,C9,C30,C36 = 100 p/630 V, 1%, Polystyrol, axial  
 C5,C32 = 15 p/160 V,  $\pm$ 1 pF, Polystyrol, axial  
 C6,C33 = 470 n/100 V, 10%  
 C10,C37 = 22  $\mu$ /35 V, 20%,  $\varnothing$  6,3 mm, RM 2,5 mm  
 C11,C38 = 4p7/100 V,  $\pm$ 0,25 pF, RM 5 mm  
 C13..C17,C40..C44 = 10 n/63 V, 1%, Polystyrol, axial  
 C18..C20,C45..C47 = 4n7/160V, 1%, Polystyrol, axial  
 C21,C48 = 220 p/630 V, 1%, Polystyrol, axial  
 C22,C49 = 2n2/60 V, 1%, Polystyrol, axial  
 C23..C25,C50..C52 = 220 n/50 V, 5%, Polypropylen, RM 10 mm  
 C26,C53 = 1.000  $\mu$ /35 V, 20%,  $\varnothing$  13 mm, RM 5 mm  
 C55..C62 = 100 n/100 V, 10%, RM 7,5 mm  
 C63,C64 = 220 n/100 V, 10%, RM 7,5 mm  
 C65,C66 = 100  $\mu$ /25 V, 20%,  $\varnothing$  6,3 mm, RM 2,5 mm

### Halbleiter:

T1..T8 = 2SA1085, Hitachi, z.B. Reichelt # SA 1085, RS Components # 197-9834  
 IC1,IC4,IC6 = NE5532, z.B. ON Semiconductor Typ NE5532ANG  
 IC2 = TL072  
 IC3,IC5 = NE5534, z.B. ON Semiconductor Typ NE5534ANG  
 IC7,IC8 = LM4562, z.B. National Semiconductor Typ LM4562NA/NOPB

### Außerdem:

K1,K2 = 4-pol. (1x4) Stiftleiste, RM 0,1'' (2,54 mm)  
 Passende Steckverbinder für K1,K2  
 K3 = 3-pol. (1x3) Stiftleiste, RM 0,1'' (2,54 mm)  
 Passende Steckverbinder für K3  
 K4..K7,JP3 = 2-pol. (1x2) Stiftleiste, RM 0,1'' (2,54 mm)  
 Passende Steckverbinder für K4..K7  
 Jumper für JP1,JP2,JP3  
 JP1,JP2 = 10-pol. (2x5) Stiftleiste, RM 0,1'' (2,54 mm)  
 K8 = 3-pol. Schraubklemme, RM 5 mm  
 RE1,RE2 = Relais, 2 x um, 12 V/960  $\Omega$ , 230 V/3 A, für Platinenmontage, TE Connectivity/Axicom Typ V23105-A5003-A201  
 Platine # 110650-2 ([www.elektorpcbservice.com](http://www.elektorpcbservice.com))

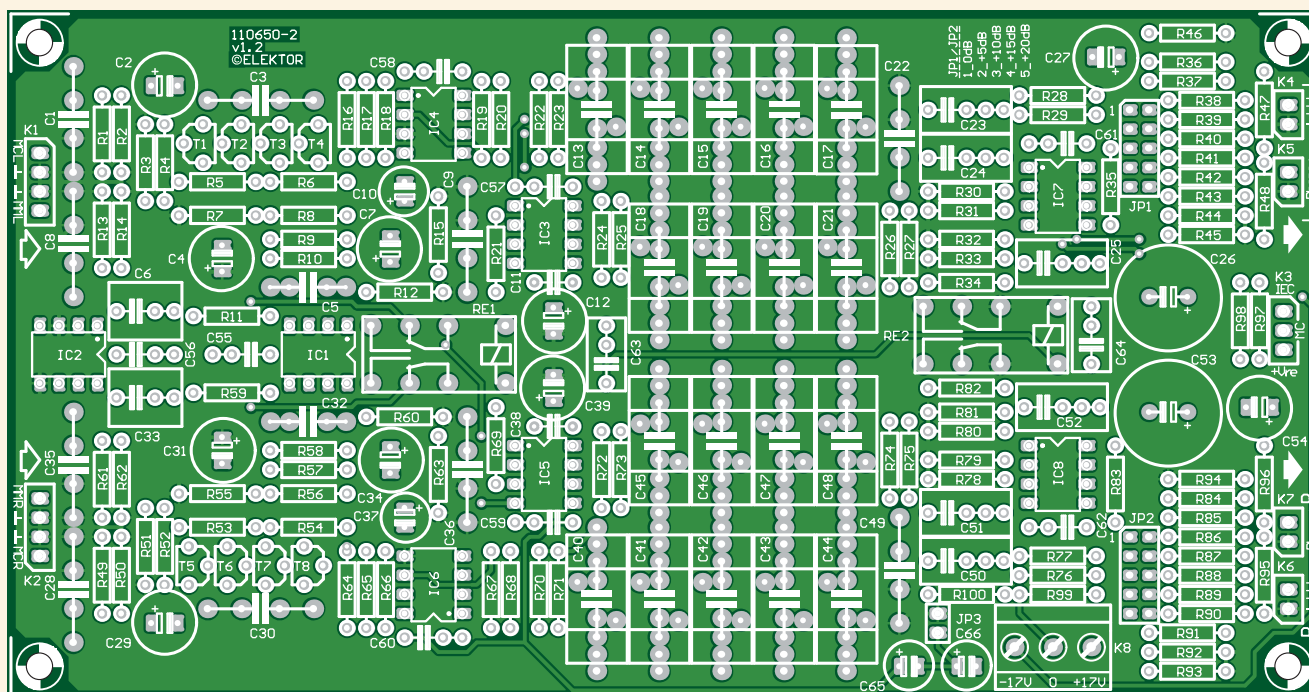


Bild 2. Bestückungsplan der MM/MC-Platine. Diese hochqualitative Platine ist via ElektorPCBservice.com erhältlich.

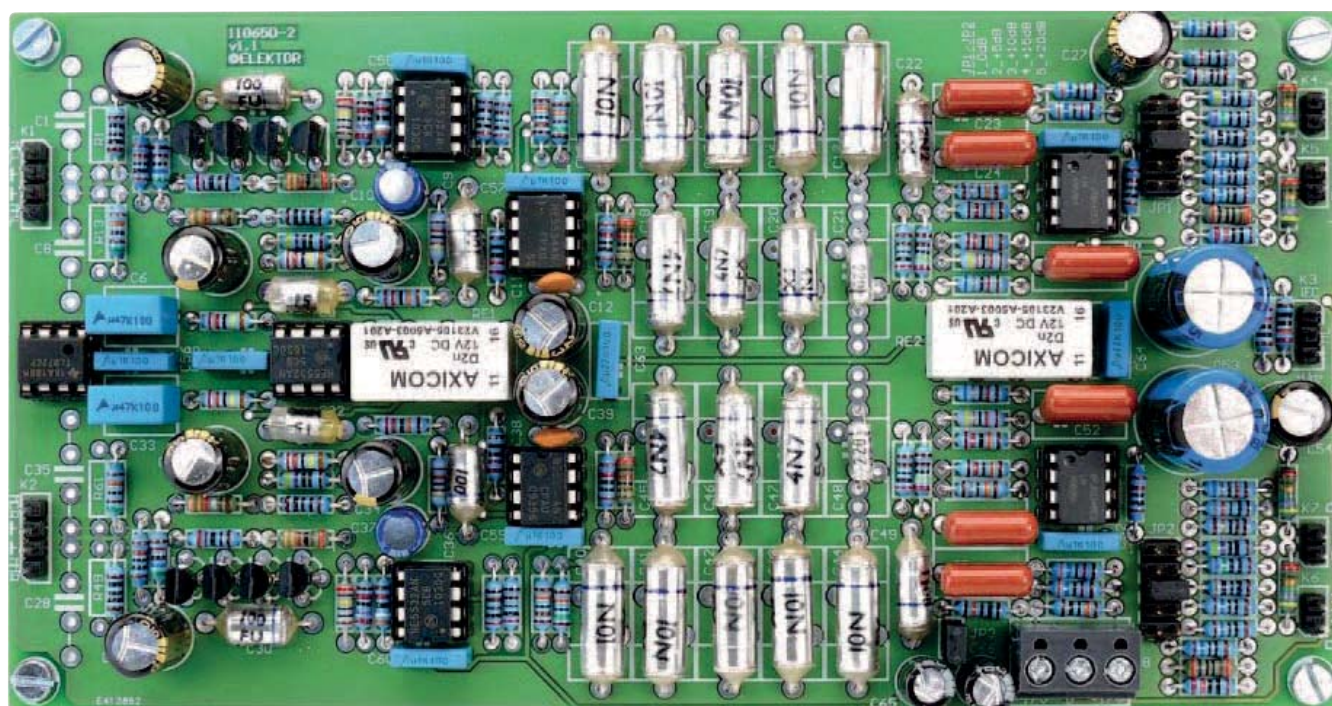


Bild 3. Voll bestückter und getesteter MM/MC-Prototyp aus dem Elektor-Labor.

zweistufige Schaltung ist bezüglich Verzerrungen [2] besser. Ein LM4562 (IC7A) sorgt für möglichst minimale Verzerrungen.

### Schaltbare IEC-Erweiterung

Die IEC-Erweiterung umfasst einen zusätzlichen NF-Hochpass (der erst später zur Spezifikation dazu kam). Viele audiophile Zeitgenossen sind davon nicht sehr angetan, weshalb diese Erweiterung oft entfällt. Hier aber kann man sie auf Wunsch aktivieren, indem R34 schaltbar parallel zu den Widerständen R32 | R33 des Rumpelfilters gelegt wird. Dies ist zwar nur eine Näherung, spart aber eine weitere Opamp-Stufe und ist doch immerhin bis hinunter zu 29 Hz noch  $\pm 0,1$  dB genau. Darunter greift der Rumpelfilter, und dann ist Genauigkeit nicht notwendig.

### Gain-Umschaltung

Diese Stufe um IC7B erlaubt die Anpassung an praktisch jedes erhältliche MC- oder MM-Tonabnehmersystem, in dem

die Verstärkung so eingestellt wird, dass der Dynamikbereich erhalten bleibt. Die Verstärkung kann in 5-dB-Schritten mit einem steckbaren Jumper auf JP1 ausgewählt werden, indem damit der passende Abgriff am Spannungsteiler aus R36...R45 in der Gegenkopplung der Ausgangsstufe gemacht wird. Auch hier wird eine Kette aus je zwei parallelen Widerständen eingesetzt, damit die Werte exakt und genau sind. R35 sorgt auch dann für DC-Feedback, wenn der Jumper gerade umgesteckt wird.

Das Steuersignal für die LLLL-Stufe (Log-Law Level LED) gelangt über R47 an K4. Die LLLL-Schaltung und -Platine kommen im nächsten Teil an die Reihe.

### Aufbau

Für die besprochenen Stufen wurde die doppelseitige und durchkontaktierte Platine 110650-2 entworfen, deren Bestückungsplan in Bild 2 zu sehen ist. Wie schon im ersten Teil ist die Bestückung einfach, da

nur bedrahtete Bauteile verwendet werden. Mit einer schwenkbaren Platinen-Halterung kann man die Platine von einer Seite bestücken und nach Umdrehen direkt löten, da die durchgesteckten Bauteile durch angepressten Schaumstoff am Platz gehalten werden. Üblicherweise bestückt und lötet man erst die Bauteile geringer Höhe ein. Ob alles so ist, wie es sein sollte, ergibt sich durch Vergleich mit dem Prototypen in Bild 3.

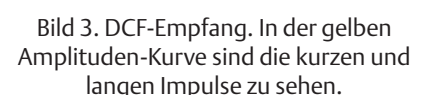
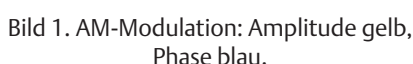
(110651)

### Referenzen

- [1] Preamp 2012 Teil 1, Elektor März 2012; [www.elektor.de/110650](http://www.elektor.de/110650)
- [2] Peter Billam „Harmonic Distortion in a Class of Linear Active Filter Networks“, Journal of the Audio Engineering Society, Juni 1978, Ausgabe 26, Nr. 6, S. 426.

Mit den bis jetzt erarbeiteten Kenntnissen können wir uns einen DCF-Testsender bauen. Die Trägerfrequenz von 77,5 kHz kann leider nicht durch ganzzahlige Teilung aus 20 MHz erzeugt werden. Deswegen verwenden wir wieder die Methode der gebrochenen Teilung mit Hilfe eines 24-bit-DDS-Akkumulators und eines Timer-Interrupts, so wie in Teil 1 [1]. Wir setzen aber diesmal die gerade beschriebene phasenrichtige PWM ein, da wir ja keine Phasenmodulation wollen.

Das PWM-Signal des Signalgenerators







geben wir auf einen Serienschwingkreis (Bild 2) der aus einer Ferritantenne und einem passenden Kondensator besteht. Mit einem zweiten, variablen Kondensator stimmen wir aufs Amplitudenmaximum ab. Im ATtiny des Signalgenerators läuft die Software DCF\_TX\_V01.C, welche korrekte DCF77-Telegramme aussendet. So ein Telegramm ist aus Pulsen zusammengesetzt, die jeweils eine Sekunde dauern. Die Zeit-Information ist durch kurze und lange Absenkungen zu Beginn dieser Pulse codiert, in der 59. Sekunde folgt eine Pause ohne Amplituden-Absenkung. Die Software enthält eine Routine, welche einen Sekundenpuls aus 10 „Bits“ mit jeweils 1/10 s Dauer zusammensetzt. Um eine kurze Absenkung zu signalisieren, wird 0111111111 gesendet, bei einer langen Absenkung 0011111111 und bei der Pause in der 59. Sekunde 1111111111. Aus diesen Mustern wird das gesamte Telegramm

zusammengebaut. Das Programm startet mit der Zeit 11:41 Uhr, 15. August 2008. Wenn der Sendeschwingkreis gut abgestimmt ist, dann kann man DCF-Uhren in ein paar Metern Entfernung beeinflussen. Die meisten DCF-gesteuerten Uhren gleichen sich zwar nur relativ selten ab, doch kann man den Prozess durch ein kurzes Herausnehmen der Batterien provozieren.

### DCF77 die Zweite ...

Machen wir doch gleich mit dem Empfang des DCF77-Signals aus Mainflingen weiter! Wir verwenden die aktive Ferritantenne, die später in diesem Teil beschrieben wird und als Bausatz bei Elektor erhältlich ist. Die Antenne schließt man an den Anschluss ANT2 des Empfänger-Boards an. Beim Empfänger (zum Schaltplan siehe unten) verbindet man Pin 1 von K4 mit Pin 2 von K5, um das Signal an den ADC0 des ATmegas weiterzuleiten. Verwendet wird die Software EXP-Simple-DCF77-RX-V01.c. Das Signal tasten wir mit 10 kS/s ab. Da 77,5 kHz gerade  $8 \cdot 10 \text{ kHz} - 10 \text{ kHz}/4$  sind, kann man nämlich die im letzten Teil geschilderte Bandpassunterabtastung zur Demodulation benutzen. Im Oszillogramm in Bild 3 ist das Resultat zu sehen. Die obere gelbe Kurve zeigt die Amplitude, deutlich zu sehen sind die kurzen Impulse, während denen die Amplitude stark absackt. Man kann auch erkennen, dass es

### Listing: Phasenrichtige PWM

```
void bitSend(uint8_t theBit){
  if (theBit)
  {
    OCR1A = 40;
  }
  else
  {
    OCR1A = 8;
  } // 10dB
}
```

lange und kurze Absenkungen gibt. Einer Auswertung des Zeitsignals steht damit nichts mehr im Wege.

Aber auch das Phasensignal des DCF77-Senders lässt sich verwenden. In einem der folgenden Versuche wird der Empfänger nicht vom Festfrequenz-Quarzoszillator getaktet, sondern von einem spannungsgesteuerten 20-MHz-Quarzoszillator (VCXO). Wenn man nun die Frequenz des Oszillators so einstellt, dass die Phase nicht mehr driftet, dann hat man die 20 MHz von der sehr präzisen DCF77-Frequenz abgeleitet. In Bild 3 ist das noch nicht gelungen, die Phase sinkt noch langsam. Den Prozess der Einstellung kann man mit einer PLL automatisieren (das werden wir in einem späteren Kursteil ausprobieren). Anstatt an den DCF77 kann man sich übrigens auch an die BBC (198 kHz) oder France Inter (162 kHz) ankoppeln, um eine hochgenaue Referenz zu erhalten.

### Interpretation von Phasenverläufen

In Bild 1 erkennt man einen sägezahnförmigen Phasenverlauf aufgrund des Frequenzoffsets. Die Phase nimmt kontinuierlich zu, und wenn sie den Wert 360 Grad = 5 Volt erreicht hat, springt sie wieder auf 0 Grad = 0 Volt. Nun sehen diese Phasensprünge immer dramatischer aus, obwohl an dieser Stelle physika-

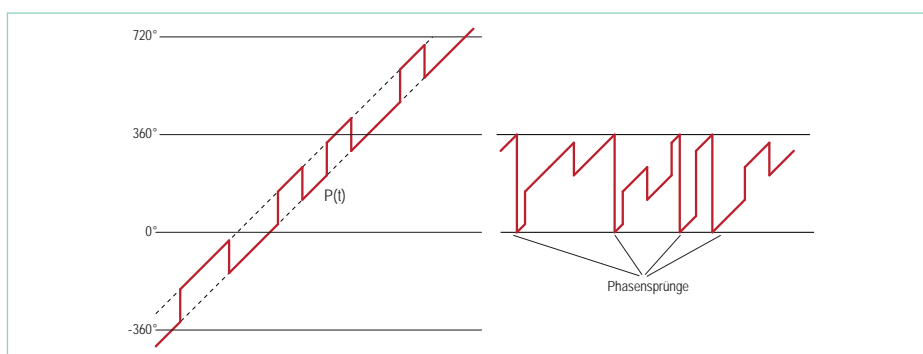


Bild 4. Der gleiche Phasenverlauf in zwei unterschiedlichen Darstellungen.

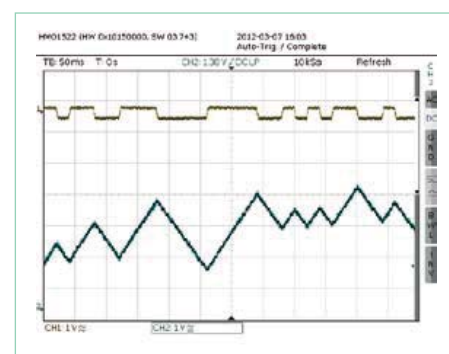


Bild 5. Frequenzumtastung (FSK).

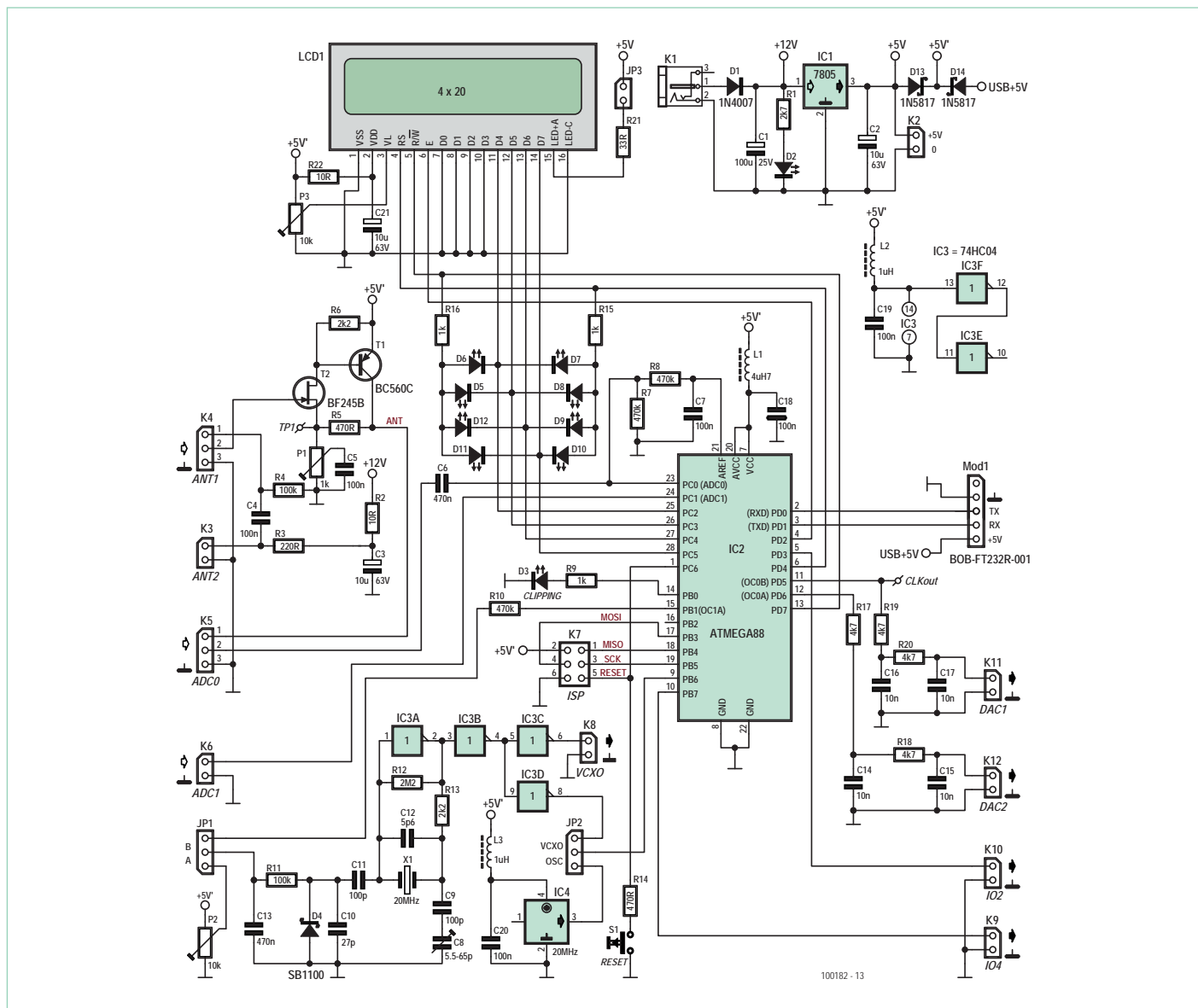


Bild 6. Schaltplan der Universellen Empfänger-Platine.

lich überhaupt nichts passiert.

Wenn man die Winkel nicht auf den Bereich zwischen 0 und 360 Grad beschränkt, sondern auch kleinere Winkel als 0 und größere als 360 Grad zulässt, ergibt sich oft eine bessere Darstellung. Im **Bild 4** links sieht man eine derartige Darstellung eines phasenmodulierten Signals mit Frequenzoffset. Diese Kurve kann man gut interpretieren, während die entsprechende Darstellung im klassischen Winkelbereich doch etwas verwirrend ist.

Man kann die Probleme, die bei der Phasendarstellung auftreten, bildlich darstellen. Wenn jemand um den Nordpol herumspaziert, so springt für ihn die geographische Länge plötzlich von 180 Grad westlich zu 180 Grad östlich. An dieser Stelle passiert

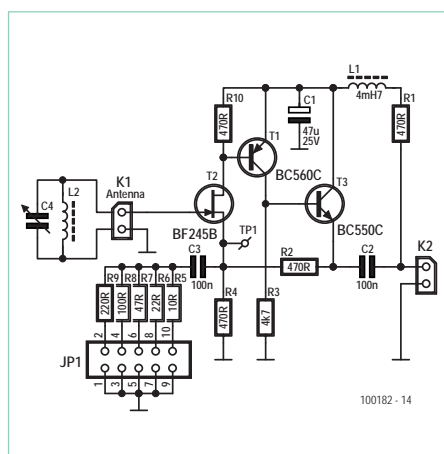


Bild 7. Schaltplan der Aktiven Ferritantenne.

aber eigentlich gar nichts Besonderes. Lässt man nun jemanden nicht im Kreis gehen, sondern eine Wendeltreppe hoch, so ist dieser nach einer Umrundung nicht wieder an der gleichen Stelle, sondern in einer anderen Etage. Wenn man bei der Phase die „Etagen“ mitzählt, kann man also Phasendifferenzen mit mehr als 360 Grad erfassen. Dies ist mitunter ein Trick, um PLLs zu bauen, die einen großen Fangbereich haben.

In **Bild 5** sehen wir eine schöne Anwendung der Technik. Wir verwenden unseren Signalgenerator als FSK-Sender (Frequency Shift Keying = Frequenzumtastung), zum Einsatz kommt die Software EXP-SQTX-FM-RTTY-V01.c. Die Signale des Generator-Ausgangs K4 werden über den im ersten Teil beschrie-

benen Filterschwingkreis [1] an ADC0 geleitet. Als Empfänger-Programm verwenden wir EXP-SimpleFrontend-125kHz-extPhase-Freq-V01.c, welches die erweiterte Phasendarstellung nutzt. Die Skalierung des Empfänger-Ausgangssignals beträgt 5 Volt für  $8 \cdot 360$  Grad. Der 125-kHz-Träger wird mit einem Hub von  $\pm 50$  Hz für die Bits 1 und 0 frequenzmoduliert; es werden 50 bit pro Sekunde gesendet. Ein Hub von  $\pm 50$  Hz bedeutet, dass das empfangene Signal dem Referenzsignal während der Dauer eines Bits ( $1/50$  s) genau um eine Schwingung voraus-eilt. Ein einzelnes Bit entspricht damit genau einer Phasen-Drehung von  $360^\circ$ , die Drehrichtung ist vom Wert des Bits abhängig. Eine volle Drehung von  $360^\circ$  bedeutet eine Zu- oder Abnahme des Phasen-Ausgangssignals um  $5 \text{ V} / 8 = 0,6.. \text{ V}$ , und zwar innerhalb von 20 ms. Das kann man gut an der blauen Kurve in Bild 5 sehen.

Die Demodulation des FSK-Signals ist einfach: Die momentane Phasen-Zunahme entspricht genau dem aktuellen Frequenzhub, also dem übertragenen Bit. Die Zunahme der Phase kann man leicht ausrechnen, indem man die Differenz aufeinanderfolgender Phasenwerte bildet. Das Resultat ist in der gelben Kurve dargestellt. Nimmt die Phase zu, dann ist die gelbe Kurve „High“, nimmt die Phase ab, ist sie „Low“. Man erkennt jetzt schön, welche Bits übertragen wurden. Jetzt muss man dieses Resultat nur noch mit einem Software-UART verarbeiten, und man hat einen SDR-FSK-Empfänger. Wir werden in den nächsten Folgen des Kurses allerdings noch ein paar zusätzliche Filter verwenden, um den Empfänger robuster zu machen.

### Das Universelle Empfänger-Board

Nachdem wir die ersten Schritte auch mit einer einfachen Empfangsschaltung durchführen konnten, wollen wir nun auf ein besseres Empfangs-Board wechseln. Die Universelle Empfänger-Platine wurde ja schon im letzten Teil (samt Bestückungsplan) vorgestellt. In Bild 6 ist der Schaltplan nochmals abgebildet, um weitere interessante Möglichkeiten aufzeigen zu können. Zur Anzeige ist ein vierzeiliges LC-Display vorgesehen. Am Steckverbinder Mod1 lässt sich ein USB/TTL-Konverter BOB FT232 anschließen. Dann kann man einen PC für Ein- und

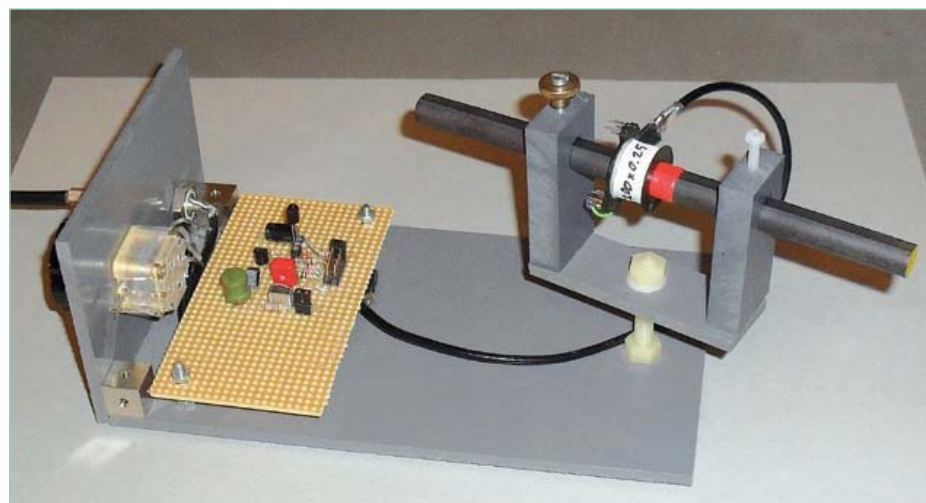


Bild 8. Prototyp der aktiven Ferritantenne beim Autor.

Ausgaben nutzen, um zum Beispiel empfangene Daten zu protokollieren.

Als Taktquelle wurde ein 20-MHz-Oszillator diskret aufgebaut, dessen Frequenz man geringfügig mit einer Spannung ändern kann. Die Spannung ist entweder mit einem Trimmer P2 einstellbar, oder der AVR-Prozessor steuert die Frequenz via PWM vom Ausgang OC1A/PB1 aus (über das Tiefpassfilter aus R10 und C13). Auf diese Weise kann der VCXO in eine PLL-Regelschleife einbezogen werden, um ein hochgenaues Frequenznormal zu erhalten, etwa mit Hilfe des DCF-Signals. Eine daraus abgeleitete Frequenz kann man am Ausgang OC0B bereitstellen. Alternativ lässt sich über den Jumper JP2 auch das Signal eines Quarzoszillators in integrierter Bauform (IC4) als Takt wählen. Über Port C und D werden acht Leuchtdioden angesteuert, die kreisförmig angeordnet sind und als Phasenanzeige dienen. Mit ihrer Hilfe kann man z.B. gut kontrollieren, ob eine PLL eingerastet ist. Auch geringe Frequenzunterschiede lassen sich auf diese Weise gut sichtbar machen.

Die analogen Signale erreichen unseren Prozessor über den ADC0-Eingang des Analog-Digital-Wandlers. Mit R7 und R8 wird der DC-Offset dieses Eingangs auf die halbe Referenzspannung (AREF) gelegt, über C6 ist der Eingang AC-gekoppelt. Mit T1 und T2 ist ein Vorverstärker aufgebaut, an dessen Eingang (K4 Pin 2/Pin 3) direkt ein Empfangsschwingkreis aus Ferritantenne und Drehkondensator angeschlossen werden kann. Der Ausgang wird dann auf den ADC geleitet, indem man an K5 Pin 1 und Pin 2 verbindet. An den Eingang des Vorverstärkers kann man auch das Signal einer Ferrit-

antenne mit Phantomspeisung leiten (an K4 Pin 1 und Pin 2 verbinden). Die Ferritantenne wird dann an K3 angeschlossen.

Bei einigen der bisherigen und kommenden Versuche erzeugen wir zwei Ausgangsspannungen, die wir mit Hilfe eines Oszilloskops visualisieren. Diese Ausgangsspannungen werden mittels PWM von Timer 0 generiert und an den Pins OC0A und OC0B ausgegeben. Es folgt jeweils ein zweistufiges RC-Filter. An K11 und K12 kann man die Spannungen entnehmen.

### Aktive Ferritantenne

Um das Ganze perfekt zu machen, kompletieren wir unser Equipment noch durch eine aktive Ferritantenne für den Lang- und Mittelwellenbereich. In Bild 7 ist der Schaltplan dargestellt. Wegen des JFETs T2 ist der Eingang recht hochohmig, so dass der Antenschwingkreis eine hohe Güte und Selektivität erreicht. Transistor T1 sorgt für eine gute Verstärkung und T3 als Emitterfolger für eine niedrige Ausgangsimpedanz. Über R2 erfolgen eine DC- und AC-Gegenkopplung, letztere kann mit JP1 eingestellt werden. Die Antenne wird per Phantomspeisung mit rund 12 Volt versorgt.

Exemplarstreuungen von T2 können die Funktion beeinträchtigen, deshalb sollte T2 so ausgesucht werden, dass die Spannung an Source etwa 2 Volt beträgt. Weiter muss man darauf achten, dass die Verbindungen des Eingangs entfernt von den Verbindungen des Ausgangs verlegt werden, da ansonsten Schwingungen durch Rückkopplung entstehen. Am besten ist abgeschirmtes Kabel geeignet. In Bild 8 sieht man den Prototyp des Autors.

Wie beim Signalgenerator und beim Univer-



Stückliste Aktive Ferritantenne

**Widerstände (5%, 0,25 W):**  
R1,R2,R4,R10 = 470 Ω  
R3 = 4k7  
R5 = 10 Ω  
R6 = 22 Ω  
R7 = 47 Ω  
R8 = 100 Ω  
R9 = 220 Ω

**Kondensatoren:**  
C1 = 47 µ, 25 V, 20 %, radial, 2,5 mm, IAC 95 mA  
C2,C3 = 100 n, 63 V, 5 %, MKT, 5/7,5 mm  
C4 = Drehkondensator 2 x 265 p + 2 x 20 p (z.B. [4])

**Induktivitäten:**  
L1 = 4,7 mH, 81 mA, 13,2 Ω, radial, 3 mm  
L2 = Ferritstab, L = 90 mm, Durchmesser = 10 mm (z.B. [4])  
3x Spulenkörper RM 10, 5 Pin  
24,5 m Kupferlackdraht, Durchmesser 0,22 mm

**Halbleiter:**  
T1 = BC560C  
T2 = BF245B (JFET)  
T3 = BC550C

**Außerdem:**  
K1,K2 = 2x1-Stiftleiste, RM 2,54 mm  
JP1 = 2x5-Stiftleiste, RM 2,54 mm  
TP1 = Testpin 1,3 mm  
Platine 100182-1 [3]

Oder: Kit aus Platine und allen Bauteilen 100182-71 [3]  
Oder: Kombi-Kit aus drei Bauteilsätzen plus USB/TTL-Konverter BOB FT232: 100182-72 [3]

Bild 9. Die Platine der Aktiven Ferritantenne ist mit allen Bauteilen als Kit bei Elektor erhältlich.

Ferritantenne auf eine bestimmte Frequenz mit Hilfe des Signalgenerators. Dazu werden wir mit der Empfänger-Platine ein RMS-Voltmeter aufbauen!  
Um den Effektivwert  $S_{eff}$  eines periodischen Spannungssignals  $s(t)$  zu bestimmen, muss man im Prinzip genügend Abtastwerte  $s_k$  aus einer Periode entnehmen und dann den quadratischen Mittelwert bestimmen:

$$S_{eff} = \sqrt{1/N \sum s_k^2}$$

Nun kann der ATmega88 Signale nicht sehr schnell abtasten (maximal rund 10 kS/s bei 10 bit Genauigkeit). Wir möchten aber Signale mit Frequenzen bis zu 1 MHz messen. Anstatt genügend Messungen während einer Periode zu machen, kann man auch genügend Messwerte von zufälligen Stellen über mehrere Perioden verteilt aufnehmen (siehe Bild 10). Das nennt man dann zufälliges Abtasten (Random Sampling). Der Nachteil dieser Methode ist, dass man ziemlich viele Abtastwerte aufnehmen muss, wenn das Ergebnis genau sein soll. Ein Vorteil ist, dass man diese Technik auch für nichtperiodische rauschartige Signale verwenden kann.

Mittels Random Sampling wird unser ATmega88 zum RMS-Voltmeter (EXP-RMSmeter-V01.c). Die Referenzspannung des A/D-Wandlers wird vom Programm automatisch zwischen 5 Volt und 1,1 Volt umgeschaltet, um eine maximale Genauigkeit zu erzielen. Der Mittelwert wird aus jeweils 2048 Werten berechnet, auf dem LCD des Empfänger-Bords angezeigt und gleichzeitig über die serielle Schnittstelle ausgegeben. Nach 256 neuen Werten wird die Anzeige aufgefrischt. Im Kasten „Aperturzeit“ kann man nachlesen, dass dieses RMS-Voltmeter durchaus praxistauglich ist.

Ferritantenne und Abgleich

Die Frequenzen der Sender, die wir später empfangen wollen, liegen zwischen 50 kHz und 700 kHz, daher ist eine Ferritantenne am besten geeignet. Zum Einsatz kommt ein 90 mm langer Ferritstab mit 10 mm Durchmesser (zum Beispiel von AK Modul-Bus [4], im Bausatz enthalten). Passende Spulen wickelt man beispielsweise auf einen

Tabelle: Daten Ferritantenne und Doppeldrehko		
AK Modul-Bus Doppeldrehko 2x 265 pF, C <sub>min</sub> = 50,00 pF, C <sub>max</sub> = 500,00 pF		
AK Modul-Bus Ferritantenne 90 mm		
AL = 100,00 nH / n <sup>2</sup> (Messwert, hängt unter anderem von der Spulengeometrie ab)		
Man wickelt jeweils 50, 150 und 200 Windungen auf einen Spulenkörper und kann dann Spulen mit 50, 200 und 400 Windungen realisieren.		
Windungen	Induktivität	Frequenzbereich
n = 50	L = 0,250 mH	450,2 kHz .. 1423,5 kHz
n = 200	L = 4,000 mH	112,5 kHz .. 355,9 kHz
n = 400	L = 16,000 mH	56,3 kHz ... 177,9 kHz

sellen Empfänger wird auch für die aktive Ferritantenne von Elektor ein Kit aus Platine (Bild 9) und allen Bauteilen angeboten. Mit dabei sind auch ein Ferritstab, drei Spulenkörper und 24,5 m Kupferlackdraht.

RMS-Meter mit Random Sampling

An verschiedenen Stellen unseres Kurses ist es hilfreich, wenn man den Effektivwert einer Wechselfpannung messen kann. Eine erste Anwendung ist z.B. der Abgleich der

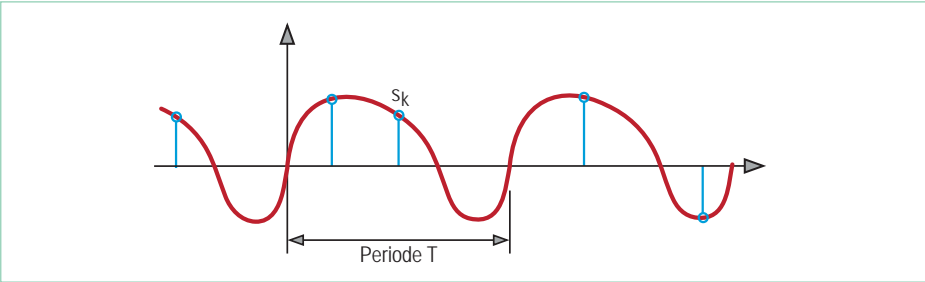


Bild 10. Random Sampling.

## Aperturzeit


Der ATmega88 benötigt zu einer A/D-Wandlung 13 Einheiten des ADC-Takts, der seinerseits nicht höher als 200 kHz sein darf. In unserem Fall gewinnen wir den ADC-Takt durch Teilung des 20-MHz-CPU-Taktes durch 128. Der ADC-Takt ist also 156,25 kHz und man erreicht eine Wandelrate von rund 12.000 Wandlungen pro Sekunde. Entsprechend dem Abtasttheorem kann man damit nur Signale digitalisieren, die keine Frequenzkomponente > 6 kHz enthalten. Trotzdem lassen sich mit Random Sampling auch bei höheren Frequenzen Effektivwerte messen. Dazu muss allerdings die Sample-and-Hold-Schaltung vor dem eigentlichen ADC gut sein. Insbesondere sollte die eigentliche Zeitspanne, in welcher ein Spannungswert abgetastet wird (Aperturzeit), möglichst kurz sein. Im Datenblatt des ATmega88 findet man dazu nichts Genaues. Also müssen wir selbst einmal messen, bis zu welcher Frequenz der Effektivwert eines Sinussignals halbwegs genau angezeigt wird.

Gesagt, getan: Der Autor hat ein 100-mV<sub>rms</sub>-Sinussignal gleichzeitig mit dem AVR-RMS-Meter und einem Tek Digitaloszilloskop vermessen. Die angezeigten Amplituden sind in der Tabelle für Frequenzen bis 2 MHz dargestellt. Bis 200 kHz wird eine hohe Genauigkeit erzielt, bei 500 kHz hat man 10 Prozent Amplitudenfehler, bei 1 MHz bereits 30 Prozent.

Wie man an der Messung sieht, kann man anscheinend Frequenzen bis zu einigen hundert kHz noch halbwegs genau abtasten. Nimmt man eine Abschwächung von 30 Prozent = 3 dB in Kauf, kommen wir sogar bis 1 MHz. Damit ist unser Effektivwertmessgerät gar nicht so schlecht. Gleichzeitig haben wir gezeigt, dass die Aperturzeit des AVR-Controllers schön kurz ist; das hilft ungemein, wenn wir Signale im Langwellen- und unteren Mittelwellenbereich durch Unterabtastung digitalisieren.

Frequenz	AVR-Anzeige (mV)	Tek Scope (mV)
1 kHz	99,0	100,0
2 kHz	100,0	100,0
5 kHz	101,9	101,5
10 kHz	102,0	102,0
20 kHz	102	102,5
50 kHz	102	102,3
100 kHz	101	102,2
200 kHz	98,0	101,7
500 kHz	90,0	101,0
1 MHz	68,0	100,9
2 MHz	42,0	99,0

Anzeige




### 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



**Telemeter Electronic**

- Temperaturmanagement
- Industriekomponenten
- Messtechnik
- HF-/Mikrowellentechnik
- Luftfahrt elektronik
- Entwicklung und Service

*Wir liefern Lösungen ...*  
**www.telemeter.info**



**elektor.de**

GRATIS-WEBS  
Software-Entwickler  
mit 2000+ Jahren  
2000+ Jahre

elektor Academy  
Schulung, Ausbildung und  
Weiterbildung mit Elektor  
• Online-Kursen  
• Live-Webinare  
• 24-Stunden-Service  
• 24-Stunden-Service

elektor Academy  
Schulung, Ausbildung und  
Weiterbildung mit Elektor  
• Online-Kursen  
• Live-Webinare  
• 24-Stunden-Service  
• 24-Stunden-Service

## EINKAUFSSPASS AUCH FÜR MÄNNER.

GROSSES PRODUKTSPEKTRUM ONLINE KALKULIERBAR.



**LEITON**  
RECHNEN SIE MIT BESTEM SERVICE

Einkaufen ist anstrengend? Dann kalkulieren Sie Ihre Leiterplatten gleich online bei LeitOn. Vor allem auch für Schablonen und flexible Leiterplatten! Das spart Ihnen Nerven, Geld und wertvolle Zeit! Und das bei dieser Online-Auswahl: 1- bis 12-lagige Multilayer mit vielen Sonderoptionen, flexible DK-Leiterplatten, SMD-Schablonen u.v.m. Der LeitOn **Leiterplatten-Expressdienst** garantiert: Platinen sind gratis bei überschrittenem Liefertermin! Neugierig? Unsere persönliche Telefonberatung und unser kompetenter Außendienst helfen Ihnen gerne weiter.

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

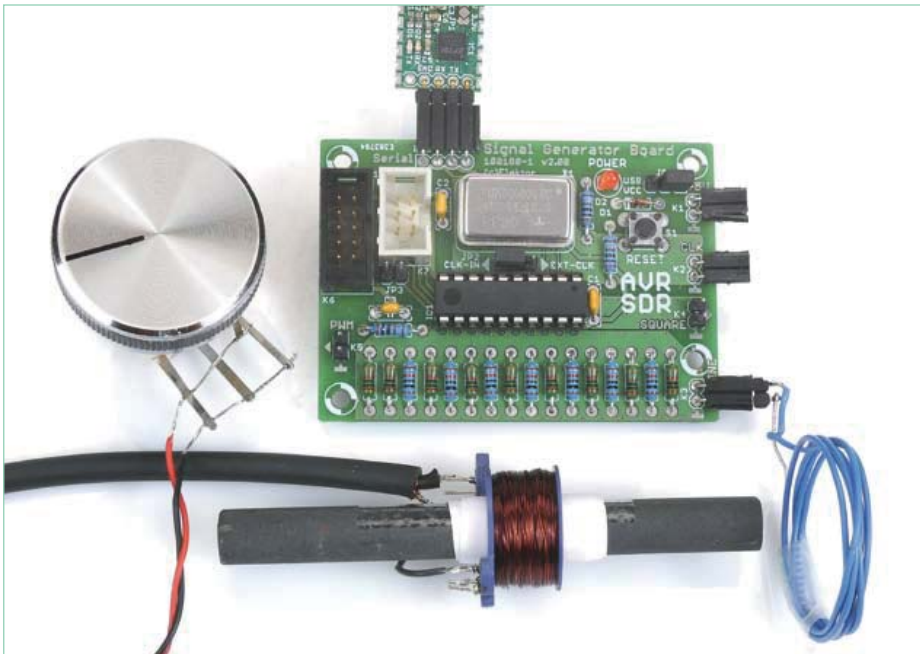


Bild 11. Abstimmen des Ferritantennen-Schwingkreises (Aufbau).

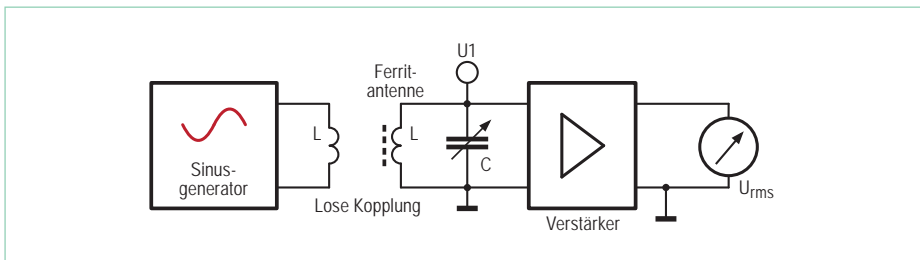


Bild 12. Abstimmen des Ferritantennen-Schwingkreises (Schaubild).

RM10-Spulenkörper. Um mit einem Doppeldrehko von 2 x 265 pF den gewünschten Frequenzbereich zu überstreichen, kommt man mit drei einzelnen Spulen aus, welche 200, 150 und 50 Windungen besitzen (siehe **Tabelle**).

Wenn man nun auf Signal-Jagd geht, muss man gleichzeitig die Ferritantenne abstimmen und ausrichten. Da ist es gut, wenn

man das Abstimmen schon vorher erledigt hat. Dazu haben wir inzwischen alle notwendigen Hilfsmittel. Unseren Signalgenerator benutzen wir zur Erzeugung von Test-Sinus-Signalen (EXP-SinusGenerator-DDS-ASM-C-V01.c), wobei wir diese in eine kleine Spule mit einigen Windungen und 30 mm Durchmesser einspeisen (**Bild 11**) – fertig ist unser magnetischer Testsender. Am besten stimmt man den Empfangs-

schwingkreis in genau der Konfiguration ab, in der man ihn nachher auch betreiben will. Das Anschließen eines Oszilloskops an den Schwingkreis kann diesen schon deutlich verstimmen. Also schließen wir die aktive Antenne an das Empfänger-Board an und lassen als „Empfangssoftware“ das RMS-Voltmeter EXP-RMSmeter-V01.c laufen. In **Bild 12** ist das schematisch dargestellt.

Den Testsender stellt man nun auf die gewünschte Frequenz, so wie in Teil 1 beschrieben [1]. Die Sendespule bringen wir zuerst relativ nahe an den Ferritstab. Beim Durchdrehen des Drehkondensators ist dann ein Maximum an der Resonanzstelle zu sehen. Um noch präziser auf das Maximum einstellen zu können, ist es eventuell nötig, den Testsender etwas weiter von der Ferritantenne entfernt zu positionieren. Ist der Resonanzkreis gut abgestimmt, steht unseren Empfangsversuchen nichts mehr im Wege!

Im nächsten Heft geht es weiter: Unter anderem werden wir uns mit Filtern beschäftigen, dazu kommt eine PLL zur Erzeugung einer hochpräzisen Frequenz zum Einsatz. Und wir empfangen den Seewetterbericht auf 147,3 kHz!

(100182)

## Weblinks

- [1] [www.elektor.de/100180](http://www.elektor.de/100180)
- [2] [www.elektor.de/100181](http://www.elektor.de/100181)
- [3] [www.elektor.de/100182](http://www.elektor.de/100182)
- [4] [www.ak-modul-bus.de](http://www.ak-modul-bus.de)

## Elektor Produkte & Service

- Signalgenerator (Kit mit Platine und allen Bauteilen 100180-71)
- Universeller Empfänger (Kit mit Platine und allen Bauteilen 100181-71)
- Aktive Ferritantenne (Kit mit Platine und allen Bauteilen 100182-71)
- Kombi-Kit aus allen drei Bauteilsätzen plus USB/TTL-Konverter BOB FT232: 100182-72

- USB/TTL-Konverter BOB FT232, bestückt und getestet 110553-91
  - USB-AVR-Programmer, SMD-bestückte Platine plus alle anderen Bauteile 080083-71
  - Gratis Software-Download (Hex-Files und Source-Code)
- Alle Produkte und Downloads sind über die Website zu diesem Artikel erhältlich: [www.elektor.de/100182](http://www.elektor.de/100182)

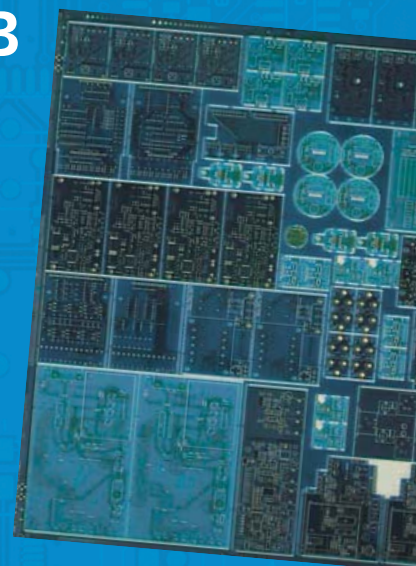


# Die europäische Referenz für PCB Prototypen und Kleinserien

Sparen Sie Entwicklungszeit und -kosten mit unseren einfach zu nutzenden Leiterplatten-Pooling-Services.

Wir bieten Ihnen:

- Top Qualität zu niedrigen Pooling Preisen
- Schnelle Lieferung nach Ihren Bedürfnissen
- Umfangreiche Technologie-Unterstützung
- Keine Einmal- oder Werkzeugkosten
- Keine Mindestbestellwerte - ab der 1 Leiterplatte
- Online-Bestellung ohne Vorkasse
- Schablonen Service



## **PCB proto** – spezieller Prototypen-Service für Entwickler, preiswert und schnell

- 1 oder 2 LP in 2, 3, 5 oder 7 Arbeitstagen
- DRC-geprüft, professionelle Ausführung inkl. 2x Lötstopplack und 1x Bestückungsdruck, 150µm Technologie
- 1 x 100 x 80mm in 7AT                      - 2 Lagen 46.26 €                      - 4 Lagen 93.94 €
- 2 x 100 x 80mm in 7AT                      - 2 Lagen 36.28 € je LP                      - 4 Lagen 73.52 € je LP

*Preise inkl. 19% MwSt und ohne Transportkosten*

## **STANDARD pool** – die größte Auswahl an Eurocircuits Pooling Optionen

- 1-8 Lagen 150µm Technologie-Leiterplatten
- ab 2 AT

## **TECH pool** – 100µm-Technologie mit allen Pooling-Vorteilen

- 2-8 Lagen 100µm Technologie-Leiterplatten
- ab 4 AT

## **IMS pool** – Aluminiumkern-Leiterplatten für hohe Wärmeableitung (z.B. LED-Anwendung)

- Leiterplatten mit einlagig isoliertem Metallsubstrat
- 1.5mm Alukern mit 75µm thermisch leitfähigem Dielektrikum und 35µm Kupferfolie
- ab 3 AT

## **On demand** – Alle Optionen im Nicht-Pooling für Spezialanwendungen

- 1-16 Lagen bis 90µm-Technologie
- RF- und Hoch-Tg-Materialien
- ab 2 AT

# Audio-Bootloader

## Controller-Programmierung per Soundkarte

Mikrocontroller bekommen ihren Geist (in Form von Firmware) üblicherweise mit dezidierten Programmern eingehaucht, die meist via USB mit dem PC verbunden sind. Mit wenig zusätzlichen Bauteilen lässt sich auch eine parallele Schnittstelle zum Programmieren zweckentfremden, mit einem passenden Bootloader genügt sogar eine einfache serielle Schnittstelle. Mit dem Audio-Bootloader, den wir in diesem Artikel vorstellen, ist nicht einmal diese mehr notwendig.

Von Christoph Haberer (D)

Um das gleich klar zu stellen: Es geht nicht um einen Bootloader, der einem Mikrocontroller Audio-Fähigkeiten einhaucht. Es geht darum – Sie lesen richtig – einen Mikrocontroller per Soundkarte zu programmieren!

Moderne PCs und Laptops sind „legacy free“ und verfügen demnach weder über eine parallele noch eine serielle Schnittstelle. Das bequeme Übertragen einer neuen Firmware-Version mit Hilfe eines Bootloaders erspart dem Anwender zwar die Anschaffung eines Programmers. Es geht aber heute fast nur noch mit der Krücke USB/Seriell-Wandler oder aber mit Lösungen, die so einen Wandler an Bord haben. Hier kommt eine Lösung, die ohne ein solches Hilfsmittel auskommt: Ein spezieller Bootloader wurde so gestrickt, dass die Daten einfach als Sounddaten über den analogen Tonausgang übertragen werden können. Und so einer ist fast bei allen PCs vorhanden. Eine tolle Idee, nicht wahr?

### Grundsätzliches

Die Soundkarte ist ja nicht unbedingt zur Übertragung digitaler Daten gedacht. Die Frage ist also, wie das trotzdem klappt und welche Geschwindigkeit damit erreicht werden kann. Zunächst zur Geschwindigkeit: Die meisten Soundkarten verfügen über einen Modus mit einer möglichen Abtastrate von 44.100 Hz und einer Auflösung von 16 bit in stereo. Das entspricht einer Datenrate von 705.600 baud pro Kanal. Wenn man diese Daten mit dem Mikrocontroller fehlerfrei decodieren könnte, dann wäre eine Datenübertragung von über 1 Mbit/s theoretisch denkbar. Eine möglichst einfache Handhabung erfordert aber Einschränkungen gegenüber diesem theoretischen Wert.

Auf Grund der beschränkten Ressourcen eines Mikrocontrollers muss nach einem einfachen Weg der Decodierung gesucht werden. Als praktikabel hat sich - wie in den Anfängen der Computerzeit - die simple Detektion des Nulldurchgangs herausgestellt. Für den Audio-Bootloader werden die Daten mit 11.025 baud übertragen, was einem Viertel der Abtastfrequenz entspricht. Immerhin! Hinweis: Es versteht sich von selbst, dass man die zur Übertragung der Firmware gedachten Audio-Daten nicht in einem verlustbeauf-

### Eigenschaften

- Einfaches Interface aus zwei Widerständen und einem Kondensator.
- Nur 1 Pin zur Programmierung notwendig.
- Optionale Status-LED.
- Automatische Anpassung des Decoders an reale Übertragungsgeschwindigkeit.
- Bootloader läuft mit 8- und 16-MHz-Taktfrequenz.
- Kleiner Speicherverbrauch: <1 KB.
- Java-Programm zur Programmierung (Windows & Linux).

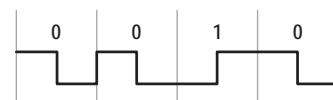


Bild 1. Manchester-Code für die Bitfolge „0010“.

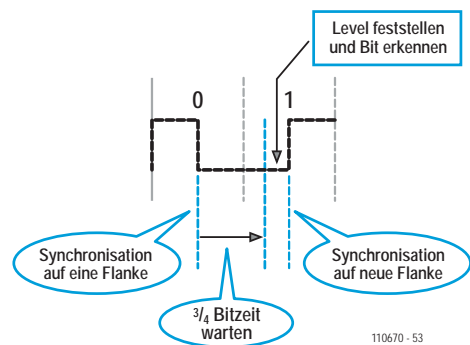


Bild 2. Decodierung eines Bits.

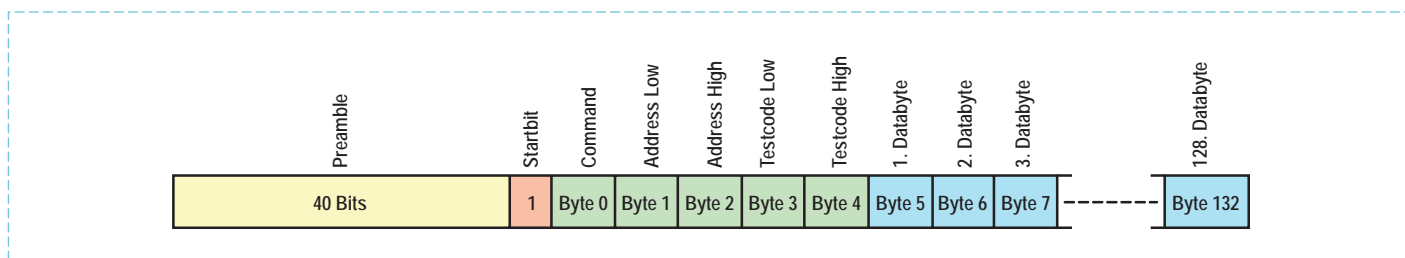


Bild 3. Der Aufbau eines Daten-Frames: Auf die Präambel mit 40 Null-Bits folgen das Start-Bit, dann fünf Steuer-Bytes und schließlich die 128 Daten-Bytes.

tet komprimierenden Format wie MP3 oder OGG-Vorbis etc. ablegen darf. Geeignet sind nur Formate wie WAV.

## Daten

Wenn man die Daten analog als Audio-Signal überträgt und zur Decodierung die Nulldurchgänge verwendet, dann empfiehlt sich der Manchester-Code (siehe **Bild 1**), denn er ist mittelwertneutral und die Informationen stecken in den Flanken. Die einzelnen Bits im Manchester-Code werden folgendermaßen decodiert: Zunächst wird auf eine Flanke in der Mitte der Bits synchronisiert und nach deren Detektion eine  $\frac{3}{4}$  Bit-Länge gewartet. Dann wird der Pegel erfasst. Bei einem Low-Pegel muss es sich um eine logische „1“ handeln, da der Pegel „high“ werden wird. Bei einem High-Pegel gilt das Umgekehrte. Für das nächste Bit wird auf die nächste Flanke synchronisiert. **Bild 2** veranschaulicht das Verfahren.

Damit das Ganze funktioniert, muss immer auf die Flanken in der Mitte der Bits synchronisiert werden, denn es gibt ja auch Flanken zwischen den Bits. Dies wird durch ein Startbit am Ende einer Präambel erreicht. Diese Präambel ist auch für die Strukturierung des Datenstroms wichtig. Wichtig zu wissen ist, dass die Controller der ATmega-Reihe von Atmel seitenweise programmiert werden wollen. Eine Seite hat dabei 128 Bytes.

Der in **Bild 3** gezeigte Frame-Aufbau startet mit einer Präambel aus 40 Synchronisations-Null-Bits in Manchester-Codierung (nur fallende Flanken), die zur genauen Bestimmung der Bit-Dauer gedacht sind. Dann folgt das Start-Bit zur Festlegung des Startzeitpunkts. Vor die 128 Daten-Bytes sind noch weitere 5 Bytes geschaltet, mit denen der Programmiervorgang gesteuert wird. Ein Frame enthält also insgesamt 1.105 bit.

## Interface

Ganz ohne Interface kommt auch ein so einfaches Verfahren nicht aus. **Bild 4** zeigt, wie simpel die Hardware ist: Im Grunde genügen drei passive Bauteile, die man sicher noch irgendwo auf der Platine eines Mikrocontroller-Projekts unterbringt. Wer über die Vorgänge

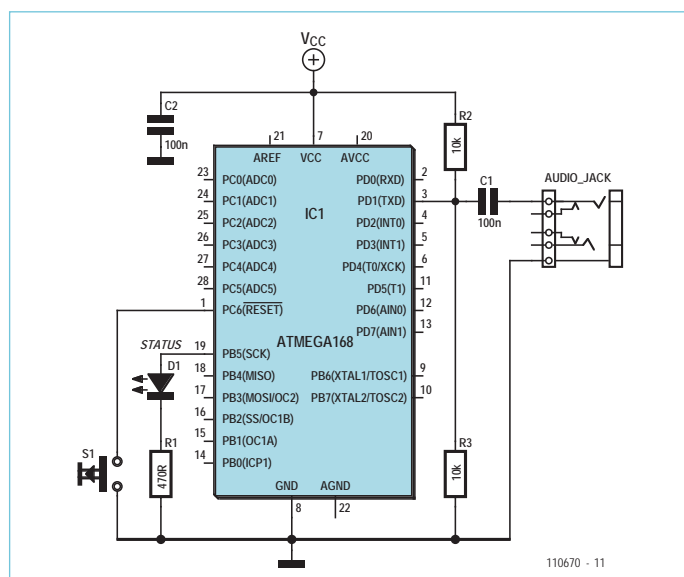


Bild 4. Die minimalistische Schaltung des Audio-Programmier-Interfaces für einen ATmega.

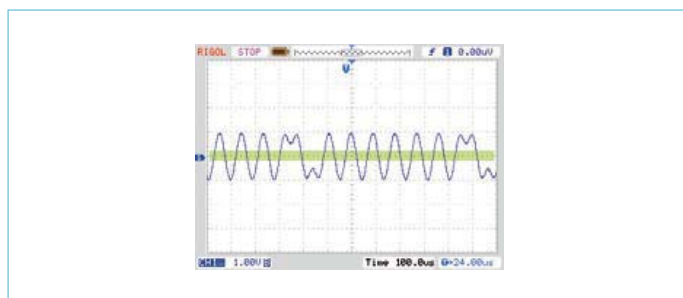


Bild 5. So sieht ein typisches Ausgangssignal der Sound-Karte bei der Datenübertragung aus. Das hellgrüne Band entspricht der Hysterese des Eingangs.



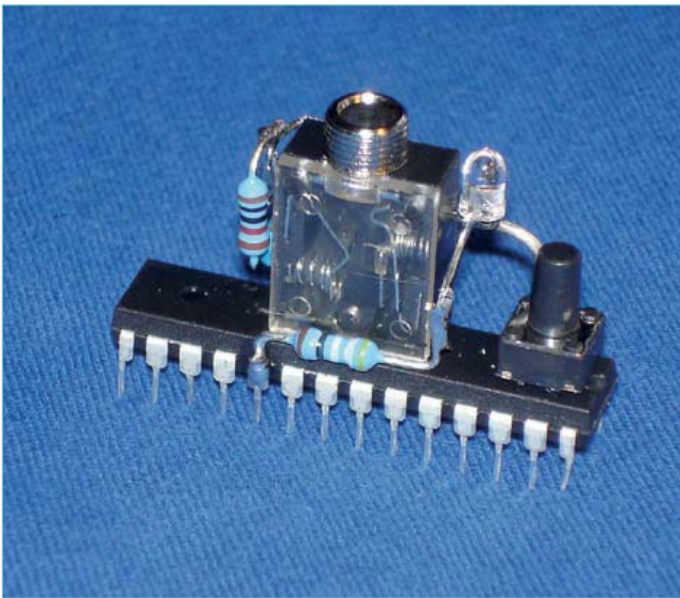


Bild 6. Das komplette Interface kann man auch direkt auf einen Mikrocontroller löten.

im Bilde sein will, der investiert noch in die Status-LED D1 und ihren Vorwiderstand R1. Und es sollte noch eine Möglichkeit bestehen, den Reset-Eingang per Taster oder notfalls Jumper auf Masse zu legen. Das war es dann auch schon.

Die Soundkarte liefert ein Audiosignal mit einem Pegel von 2 V<sub>SS</sub> (Bild 5). Der Spannungsteiler aus R2 und R3 sorgt für eine halbe Betriebsspannung am Pin des Controllers. Nicht zufällig liegt in diesem Bereich auch dessen Schaltschwelle. Diese ist zwar nicht garantiert und könnte schwanken – in der Praxis aber hat sie sich als stabil genug erwiesen. Notfalls kann man die Werte des Spannungsteilers etwas anpassen oder ein Trimpoti vorsehen. Die „eingebaute“ Hysterese der ATmega-Eingänge von 0,5 V macht die Übertragung störungsarm.

Die komplette Schaltung nach Bild 4 kann man mit etwas Geschick

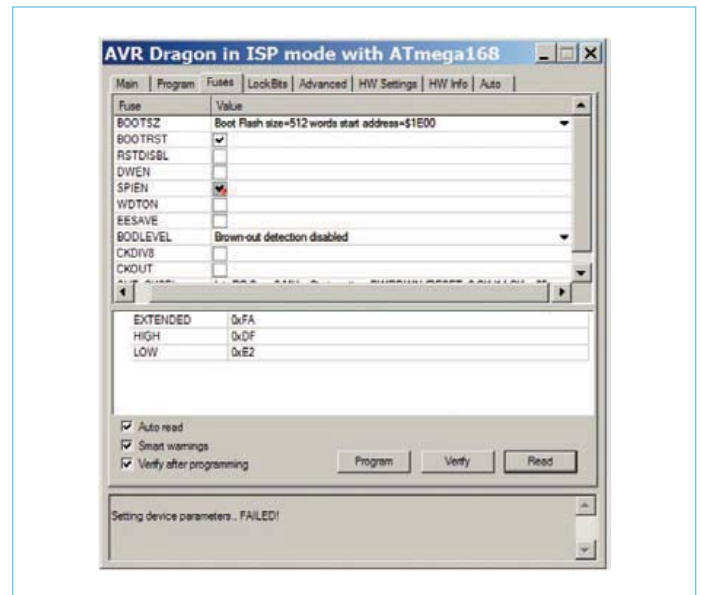


Bild 7. Wenn der Controller mit dem Audio-Bootloader programmiert wird, sollte die Fuse „BOOTRST“ gesetzt sein. Außerdem muss der Speicherbedarf bei Punkt „BOOTSZ“ auf 512 Worte eingestellt werden.

- Im oberen Teil des Programmspeichers wird ein Bereich exklusiv für den Bootloader reserviert.
- Damit nach dem Reset des Controllers zum Bootloader gesprungen wird, muss das Fuse-Bit „BOOTRST“ gesetzt und der Platzbedarf auf 512 Worte eingestellt werden (siehe Bild 7).
- Der Compiler muss die Startadresse des Bootloader-Bereiches am Ende des Flashspeichers kennen.

Der (von der Webseite zu diesem Artikel [1] herunterladbare) Bootloader benötigt spezielle Funktionen, um den Flash-Bereich des Mikrocontrollers beschreiben zu können. Glücklicherweise bringt die üblicherweise bei der Programmierung der AVR-Serie verwendete Library „avr-libc“ in den „Bootloader Support Utilities“ hierfür fertige Funktionen mit:

```
#include <avr/boot.h> // Library für die Flash-Programmierung
...
boot_page_erase (page); // Vor dem Programmieren einer Seite diese löschen
boot_spm_busy_wait(); // Nach einem Befehl immer auf Beendigung warten
...
boot_page_write (page); // Eine Seite im Flash-Speicher schreiben
boot_spm_busy_wait(); // Nach einem Befehl immer auf Beendigung warten
...
```

samt Buchse, LED und Taster sogar direkt auf einen Mikrocontroller löten. Bild 6 demonstriert das Resultat: eine kleine audio-programmierbare Einheit.

## Code

Nun zum Kern dieses Projekts: dem Bootloader. Er ist dazu in der Lage, die ihm angebotenen Audiosignale sinnvoll zu decodieren und als ausführbaren Code abzulegen. Ganz allgemein gelten für Mikrocontroller-Bootloader folgende Spielregeln:

Soviel zum Bootloader. Damit dieser Daten empfangen kann, muss man sie ihm auch anbieten. Hierzu muss man Software haben, die den zu übertragenden Hex-Code passend in Audiosignale konvertiert. Der Autor hat hierzu ein modulares Programm in Java geschrieben, das nicht nur unter Windows, sondern auch unter Linux läuft und natürlich ebenfalls unter [1] erhältlich ist. Auch andere Betriebssysteme sind denkbar, solange sie eine Java-Umgebung bieten. Die Software besteht aus dem *ControlPanel* (graphische Oberfläche), den *HexTools* (konvertiert Hex-Dateien in Audiosignale), dem *Wav-*

## Die Bootloader-Adresse in AVR-Studio

Nicht nur beim verwendeten ATmega168 liegt der Bootloader-Bereich am Ende des Flash-Speichers. Dies muss aber zwingend dem Linker mitgeteilt werden, damit der Programm-Code des Bootloaders passend für diesen Bereich erzeugt wird. In AVR-Studio kann man dies unter dem Menüpunkt „Project->Project-Options->CustomOptions->LinkerOptions“ erledigen.

Aber Achtung: Da die Adresse hier in Bytes statt wie bei den Fuse-Einstellungen in Worten angegeben wird, ist der einzugebende Wert doppelt so groß (also „3C00“ statt „1E00“).

*Creator* (sichert die Audiosignale als Wave-Datei) und dem Modul *WavFile* (spielt Wave-Dateien ab).

Die Bedienung ist sehr einfach: Mit einem Knopf kann man die zu konvertierende Hex-Datei auswählen, und mit einem zweiten Knopf wird die Tonausgabe gestartet.

### Schlussbemerkungen

Die im Schaltplan angegebene Status-LED informiert über die Aktionen des Bootloaders. Ohne Daten blinkt sie langsam. Bei Datenempfang flackert sie mit den empfangenen Daten. Bei einem Fehler blinkt sie schnell. Dann helfen nur noch ein Reset und ein neuer Programmiervorgang. Nach einer erfolgreichen Programmierung wird die Kontrolle ja der eigentlichen Firmware übergeben. In dieser Software kann man die LED dann zu anderen Zwecken nutzen. Man ist auch nicht auf die im Schaltplan angegebenen Pins festgelegt, muss dann aber die Zuordnungen im Code des Audio-Bootloaders ändern.

Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt, wie schon erwähnt, 11.025 Baud. Damit lassen sich 8 kB Flash in rund 10 Sekunden programmieren.

Als Erweiterung wäre denkbar, dass man den vom Bootloader zur Programmierung verwendeten Pin während des Betriebs der Firmware als Ausgang schaltet und auf ähnliche Weise zur Datenausgabe nutzt. Man könnte Debugging-Informationen erhalten, wenn man diese Daten über den Audio-Eingang des PCs einliest und entsprechend decodiert.

Das Datenübertragungsverfahren würde sich prinzipiell auch als (langsames) 1-Draht-Protokoll für Mikrocontroller eignen. Es ist hier nicht einmal ein Quarz-Takt notwendig, da sich der Decoder ja selbstständig synchronisiert.

(110670)

### Weblinks:

- [1] [www.elektor.de/110670](http://www.elektor.de/110670)
- [2] Liste von Open-Source Bootloadern:  
[www.mikrocontroller.net/articles/Bootloader](http://www.mikrocontroller.net/articles/Bootloader)
- [3] Anleitung für einen AVR-Bootloader in C:  
[www.mikrocontroller.net/articles/AVR\\_Bootloader\\_in\\_C\\_-\\_eine\\_einfache\\_Anleitung](http://www.mikrocontroller.net/articles/AVR_Bootloader_in_C_-_eine_einfache_Anleitung)

# Event-Kalender

Workshops • Seminare • Weiterbildungen



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



### Digitale Signalverarbeitung mit Signalprozessoren

Villingen-Schwenningen 17.04. + 18.04.2012

[www.elektor.de/dsp-workshop](http://www.elektor.de/dsp-workshop)

### CAN und AVR

Hanau 26.04.2012

Zürich (CH) 30.05.2012

Villingen-Schwenningen 31.05.2012

[www.elektor.de/can-workshop](http://www.elektor.de/can-workshop)

### PIC-Mikrocontroller-Programmierung in C

Villingen-Schwenningen 02.05. bis 04.05.2012

Hanau 08.05. bis 10.05.2012

Dortmund 25.09. bis 27.09.2012

München 16.10. bis 18.10.2012

Zürich (CH) 20.11. bis 22.11.2012

[www.elektor.de/pic-prog](http://www.elektor.de/pic-prog)

### Eagle PCB und Design

München 30.05. + 31.05.2012

Dortmund 12.09. + 13.09.2012

Hanau 07.11. + 08.11.2012

[www.elektor.de/eagle-seminar](http://www.elektor.de/eagle-seminar)

### LabVIEW meets µC

NEU!

München 15.06. + 16.06.2012

[www.elektor.de/lv-seminar](http://www.elektor.de/lv-seminar)

### Embedded Linux in Theorie und Praxis

Zürich (CH) 20.11. bis 22.11.2012

[www.elektor.de/linux-seminar](http://www.elektor.de/linux-seminar)



Änderungen vorbehalten.

Weitere Infos unter

[www.elektor.de/events](http://www.elektor.de/events)

# First Step

**NEU!**

## Erste Schritte mit dem Mikrocontroller

Sie interessieren sich als Auszubildender, Schüler, Student – oder einfach nur so – für Mikrocontroller-Technik? Mit dem neuen „First Step“-Paket haben Sie den Schlüssel und alle nötigen Werkzeuge für diese faszinierende Welt in der Hand! Das fertig bestückte und getestete „First Step“-Board und drei exakt darauf abgestimmte Arbeitshefte (plus Software-CD) machen die ersten Experimente mit einem Mikrocontroller zum Kinderspiel.

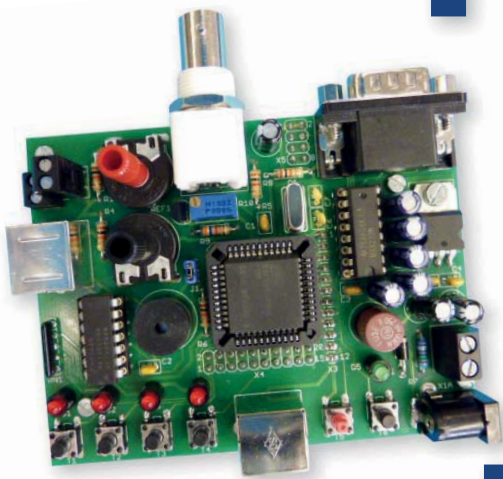
### Bestandteile des „First Step“-Pakets:



#### → 3 Arbeitshefte

(inkl. passendes DIN A4-Ringbuch)

- Beschreibung der Hardware
- Beschreibung der integrierten Entwicklungsumgebung IDE
- Einführung in die Programmiersprache „C“
- Zahlensysteme, Arithmetik, Variable
- Logische Operationen
- Digitale I/O-Ports
- A/D-Wandler, Timer/Counter



#### → 1 „First Step“-Mikrocontroller-Board

- 8051er-Mikrocontroller: AT89C51CC03
- 2,5-V-Referenzspannungsgeber für A/D-Wandler: LT1009
- TTL/RS-232-Pegelwandler MAX232
- Treiber für LEDs und Piezo-Summer: 74HC04
- 4 Taster (Eingabe von binären Signalen)
- 4 LEDs (Ausgabe von binären Signalen)
- Piezo-Summer (Ausgabe von akustischen Signalen)
- BNC-Buchse (Ein-/Ausgabe von externen binären Signalen)
- 2 Potentiometer (Eingabe von analogen Signalen)
- 2 Mini-DIN-Buchsen und eine Doppelstock-Schraubklemme
- Karten-Format: 98 x 75 mm
- Spannungsversorgung: 9 V DC, max. 100 mA, Verpolungsschutzdiode und Miniaturversicherung

#### → 1 CD-ROM mit Zusatzinfos

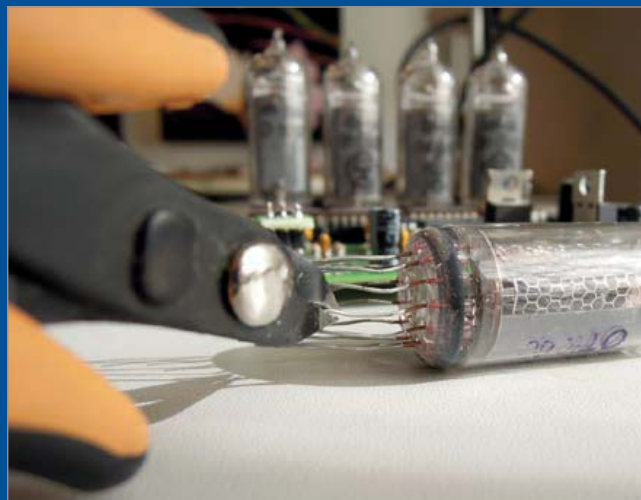
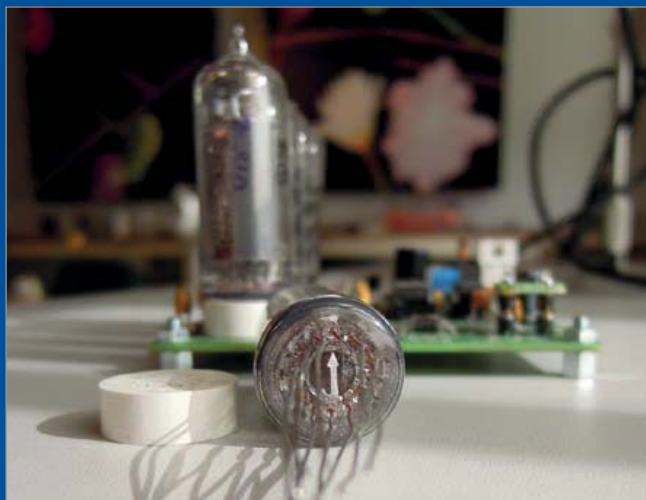
- Datenblätter
- Systemdokumentation
- Entwicklungsumgebung
- Beispielprogramme

Das gesamte „First Step“-Paket kostet nur 199,00 Euro.

Weitere Infos und Bestellung unter  
[www.elektor.de/first-step](http://www.elektor.de/first-step)



# Montage von Nixie-Röhren



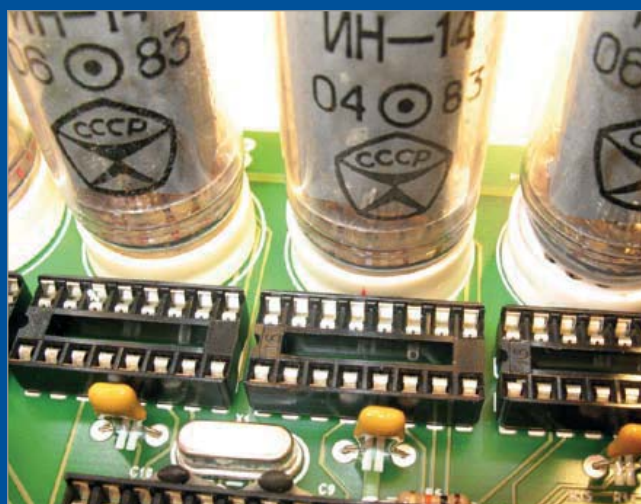
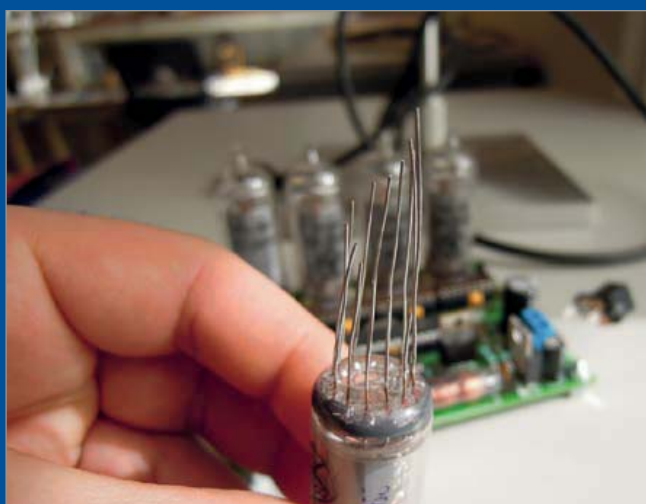
Von Thijs Beckers (Elektor-Redaktion und Labor)

Nächsten Monat gibt es in Elektor — wenn alles gut geht — ein Thermo-/Hygrometer-Projekt mit Nixie-Röhren. Diese fast antiquarischen Anzeigeröhren erleben zurzeit ein richtiges Comeback und Projekte mit diesen glimmenden Röhren sind momentan so populär wie nie zuvor. Sogar Steve Wozniak schleppt ein paar davon mit sich herum, oder genauer: er trägt sie [1]. Wie es sich gehört, wurde auch das Thermo-/Hygrometer mit Nixie-Röhren im Elektor-Labor aufgebaut und geprüft. Beim Aufbau geriet mein Kollege Luc Lemmens anfänglich etwas ins Straucheln, als er versuchte, die Anschlüsse der Röhren durch die Bohrungen der Platine zu bekommen. Ein Blick auf die Fotos illustriert, woran es haperte. Nach einigem Nachdenken kam er auf eine Lösung, die Ihnen nicht vorenthalten werden soll. Wie zu sehen ist die Kathode unten am Glaskolben mit einem Pfeil markiert. Zu Anfang ist es hilfreich, den Röhrensockel ebenfalls zu markieren, damit man sich bei der Montage der

Röhre nicht vertut. Ein roter Punkt warnt genug und ist nicht zu aufdringlich. Nun geht es ans Eingemachte. Zunächst kürzt man einen Draht auf die nötige Länge. Aber nicht zu kurz: Wenn die Drähte noch nicht durch den Sockel geführt sind, darf man eine Zugabe für dessen Höhe nicht vergessen. Nun kürzt man den nächsten Draht. Es ist egal ob links oder rechts vom ersten, solange man bei der eingeschlagenen Richtung bleibt. Wichtig ist, dass dieser einen Millimeter länger gelassen wird. Der nächste Draht erhält dann wieder 1 mm Zugabe etc. Das Resultat ist, dass die Drähte eine sich treppenartig ändernde Länge aufweisen (die Fotos zeigen, wie das gemeint ist). Auf diese Weise ist es deutlich einfacher, die Drähte sukzessive durch die Bohrlöcher zu führen, gerade auch bei Verwendung eines Sockels.

(120229)

[1] <http://youtu.be/m4R3hODnTGo>



# Klasse statt Masse

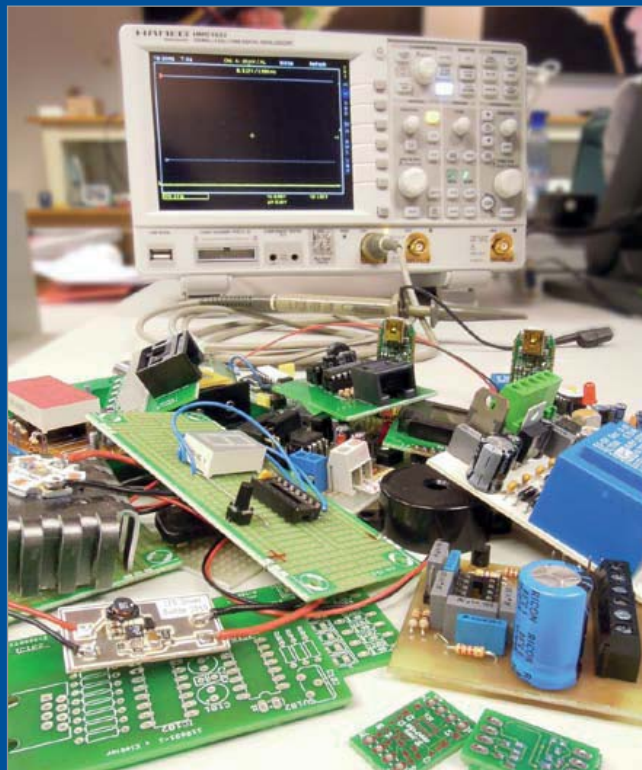
Von Thijs Beckers (Elektor-Redaktion)

Dieses Jahr wird die Doppelausgabe von Elektor für Juli & August etwas anders ausfallen, als das seit Jahrzehnten gewohnte „Halbleiterheft“. In diesem Jahr liegt der Schwerpunkt auf der Qualität. Wir haben strengere Standards an alle vorliegenden und eingesandten Ideen, Vorschläge und Lösungen angelegt, um die auszufiltern, die wir wirklich gut fanden. Nur die allerbesten Projekte konnten diesen ersten Filter passieren. Die besonders dicke Ausgabe erhielt daher auch einen neuen Arbeitstitel: PGA = Projekt Generator Ausgabe.

Falls Sie jetzt eine Augenbraue heben: Das Grundprinzip wird beibehalten. Auch in der PGA finden sich viele praktische Lösungen. Da aber das Gewicht von der Masse auf die Klasse verschoben wurde, gibt es statt sehr vieler kleiner Schaltungen nun viele besser durchdachte und überprüfte Projekte. Besonders wichtig war uns, dass alle wichtigen Fragen beantwortet und alle relevanten Informationsdetails erfasst wurden.

Um diesem Anspruch gerecht zu werden, mussten sich alle Elektor-Mitarbeiter und freien Autoren ziemlich ins Zeug legen. Doch haben wir das gerne gemacht, schon alleine um unserer Community für diesen Sommer besonders interessanten Elektronik-Stoff zu bieten. Also: Lassen Sie den LötKolben nicht abkühlen und wirbeln sie die Elektronen mit viel Schwung durch die Gegend!

(120305)



## Trafotest

Von Raymond Vermeulen (Elektor-Labor)

Im Elektor-Labor wird immer an neuen Projekten und Ideen gearbeitet. Momentan bin ich gerade mit einer Schaltung beschäftigt, die ein isoliertes USB-Interface bietet. Neben der Isolierung der Datenleitungen ist auch die Isolation der Versorgungsleitungen wichtig.

Da USB mit Gleichspannung versorgt wird, funktioniert ein einfacher Isolations-Übertrager nicht. Also kam ich auf einen isolierenden Flyback-Konverter. Auch diese Lösung benötigt einen Trafo, wenn auch einen recht kleinen. Das ausgesuchte Exemplar ist von Würth Elektronik [1] unter der kryptischen Artikelnummer 750310471 erhältlich. Das Foto zeigt die ungefähren Abmessungen.

Dieser SMD-Trafo wurde vom Hersteller für 1 s mit einer Prüfspannung von 1.850 V getestet. Mit Hilfe dieser Messung extrapoliert der Hersteller eine Standfestigkeit von über 1 Minute bei 1.500 V. Sowohl Primär- als auch Sekundärwicklung sind bei der Messung kurzgeschlossen, damit keine Ströme durch die Windungen fließen. Soviel zur Isolation zwischen Primär- und Sekundärseite.

Diese Daten sind ja ganz schön, aber mich interessiert in

Wirklichkeit die Praxis. Was passiert zum Beispiel, wenn im Fehlerfall die Netzspannung stunden- oder gar tagelang auf der Sekundärseite anliegt? Genau das wurde vom Hersteller nicht getestet (zumindest habe ich nichts dazu im Datenblatt gefunden), obwohl dies einen relevanten Fehlerfall darstellen dürfte. Und ich





fand schon, dass ich das wissen sollte, bevor ich mit dem Projekt weiter machen konnte. Also probierte ich es selbst aus... Ich holte einen einstellbaren Trafo, schloss wie der Hersteller Primär- und Sekundärwicklung kurz und stellte eine Wechselspannung von 230 V ein, die zwischen Primär- und Sekundärwicklung anlag. Da nach einigen Stunden nichts passierte, erhöhte ich die Testspannung auf das Doppelte. Auch

dabei zeigten sich keinerlei Schwierigkeiten, der kleine Trafo hielt das problemlos aus. Ich konnte ihn also bedenkenlos in meiner Schaltung einsetzen.

(120302)

### Weblink

[1] [www.we-online.de](http://www.we-online.de)

# Wilde Schwingungen

Von Thijs Beckers

Viele Firmen bieten Praktika an. Es gibt viele Motive hinter dieser verbreiteten Praxis. Manche bestehen in Kooperationen mit Schulen und Universitäten. Gelegentlich geht es darum, junge Leute mit einfachen Arbeiten zu betrauen, die für die Profis langweilig, für Anfänger jedoch spannend und/oder lehrreich sind. Außerdem sind Praktikanten nach Beendigung ihrer Tätigkeit gut mit den internen Prozessen der Firma vertraut. Bei Elektor sind zurzeit zwei Praktikanten im Labor aktiv: Koen Beckers und Jesper Raemaekers. Neben der Arbeit an ihren Studien-Projekten, bei denen sie nach Bedarf von unseren Entwicklern unterstützt werden, arbeiten sie auch an einigen Schaltungen, die für die Doppelausgabe Juli & August vorgesehen sind. Koen und Jesper bringen natürlich auch eigene Ideen und Schaltungsentwürfe ein. Und dabei kann schon mal etwas Unvorhergesehenes passieren...

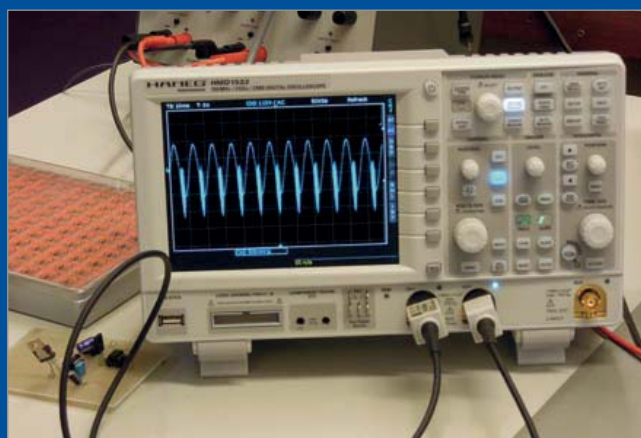
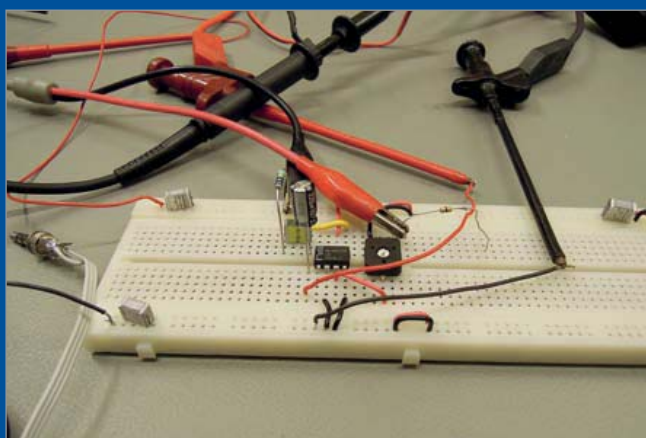
Die Audio-Ausgangsbuchsen von Laptops für Line-Pegel oder Kopfhörer bringen selten ordentliche Pegel. Wenn daran Kopfhörer mit hohem Leistungsbedarf angeschlossen werden, kann es durchaus zur Überlastung der Ausgangsstufe und somit zum Begrenzen des Signals kommen, was nicht gerade zum Hörerlebnis beiträgt. Um dieses Problem zu beseitigen, könnte man einen externen Verstärker dazwischenschalten, der z.B. via USB versorgt wird.

An diesem Punkt meldete sich der Elektroniker-Ehrgeiz von Koen und Jesper. Sie starteten ein eigenes kleines Projekt: Ein LM386-basierter Kopfhörer-Verstärker im USB-Stick-Format. Der erste auf einer Experimentierplatine aufgebaute Prototyp schien zu funktionieren. Jedenfalls hielt der Schein solange, bis ein Oszilloskop angeschlossen und das Signal inspiziert



wurde. Es zeigte sich eine elektronische Ekelhaftigkeit: wilde Oszillation!

Zum Glück für die beiden kannte sich Entwickler Ton Giesberts mit so etwas aus. Nach seiner Erfahrung sind Experimentierpla-





tinen keine gute Basis für Prototypen-Tests. Es gibt da immer einige Streukapazitäten zwischen längeren Leiterbahnen und die führten hier zu diesen Oszillationen. Sein Vorschlag, die Schaltung zunächst auf einer richtigen Platine aufzubauen, brachte direkten Erfolg. Keine unerwünschten Schwingungen mehr und schon war ein weiteres Projekt für die Doppelausgabe

erfolgreich abgeschlossen. Und die Moral aus der Geschichte?

*Bei Audio-Elektronik gebt fein acht,  
denn selbst wenn hier auch nur ganz sacht,  
sich streut die Picofarad-Macht,  
es gern am Ausgang knarzt und kracht!*

(120334)

## Ein neues LCR-Meter

Von Thijs Beckers

Um den Schreibtisch meines Kollegen Antoine Authier herum versammelte sich eine Traube von Elektor-Mitarbeitern, um einen Blick auf das nette, kleine LCR-Meter zu erhaschen, das von einem französischen Elektor-Leser stammt. Dieses optisch ansprechend gefertigte Gerät wird via USB an den PC angeschlossen. Speziell hierfür geschriebene Software zeigt die Messergebnisse dann am Bildschirm an. Das Messgerät nutzt die Vierleiter-Anschlusstechnik, um möglichst genaue Messungen bis hin zur Grenze des physikalisch Möglichen zu erreichen.

Die Prüfklemmen wurden sorgfältig ausgesucht. Die Pins muss man lediglich in Verbindung mit dem zu untersuchenden Bauteil bringen; das Gerät analysiert das Testobjekt sehr akkurat. Unsere ersten Tests verliefen sehr vielversprechend. Schnell waren wir uns einig, dass das LCR-Meter „veröffentlichungsreif“ ist, wie wir das Stadium nennen, wenn ein Projekt ohne erkennbare Probleme ist und demnächst erscheinen kann. Der Autor arbeitet sogar schon an einer LCD-Erweiterung, womit dann auch Messungen ohne PC möglich sind. Demnächst in dieser Zeitschrift...

(120331)



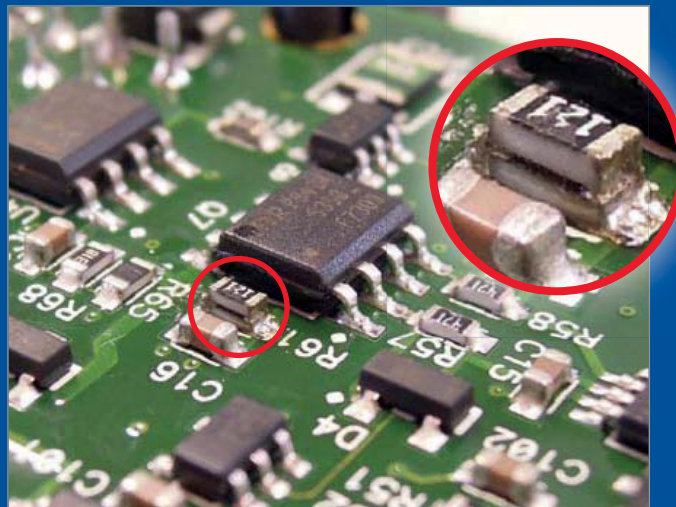
## SMD-Doppeldecker

Von Thijs Beckers

In der Januarausgabe dieses Jahres diskutierten wir unter der Überschrift „Debugger debugged“ eine Verbesserung des Microchip ICD 3 (In Circuit Debugger), um auftretende Probleme zu beseitigen. Dies führte zur Entfernung von zwei 1-k $\Omega$ -SMD-Widerständen und deren Ersetzung durch Exemplare mit je 100  $\Omega$ .

Wim Sanders, ein aufmerksamer Elektor-Leser aus den Niederlanden, wies uns auf eine einfachere Methode hin, die zum gleichen Ziel führt: Einfach die 1-k $\Omega$ -Widerstände lassen, wo sie sind, und je ein 100- $\Omega$ -Exemplar oben drauf löten. Diese von unserem Leser als Rucksackverfahren bezeichnete Methode führt zwar letztlich zu einem rund 10 % niedrigeren Widerstand, doch so genau kommt es hier ja nicht darauf an. Einfachheit ist Trumpf. Vielen Dank für den Tipp, Herr Sanders. Manchmal ist es eben besser, etwas (dazu) zu geben, als etwas (weg) zu nehmen!

(120326)



# ● **Subscribe** to *audioXpress* magazine!

Do your **electronics speak** to you? Are the words **"audio"**, **"vacuum tubes"**, and **"speaker technology"** music to your ears?

Then you should be **reading *audioXpress*!**

Recently acquired by The Elektor Group, *audioXpress* has been providing engineers with incredible audio insight, inspiration and design ideas for over a decade. If you're an audio enthusiast who enjoys speaker building and amp design, or if you're interested in learning about tubes, driver testing, and vintage audio, then *audioXpress* is the magazine for you!

## What will you find in *audioXpress*?

- In-depth interviews with audio industry luminaries
- Recurring columns by top experts on speaker building, driver testing, and amp construction
- Accessible engineering articles presenting inventive, real-world audio electronics applications and projects
- Thorough and honest reviews about products that will bring your audio experiences to new levels

Choose from print delivery, digital, or a combination of both for maximum accessibility.

Subscribe to *audioXpress* at  
**[www.cc-webshop.com](http://www.cc-webshop.com)**  
today!

**audioXpress**





# Bauelemente-Tipp

Von Raymond Vermeulen (Elektor-Labor)

## MOSFETs besonderer Art

In dieser und der nächsten Folge unserer Bauteil-Tipp-Reihe möchte ich MOSFETs mit ungewöhnlichen Eigenschaften vorstellen. Solche MOSFETs bestätigen die Erkenntnis, dass auch der professionelle Elektroniker niemals auslernt. Die MOSFET-Variantenvielfalt ist zwar beachtlich, hier soll jedoch zunächst nur der Current Sense MOSFET betrachtet werden. In der nächsten Folge wird es um den intelligenten High-side Switch gehen.

(120225)gd

## BUK7105-40AIE

Nicht selten müssen in elektronischen Systemen Ströme gemessen werden, die durch Lasten fließen. Oft kommt es darauf an, dass ein bestimmter Strom genau eingestellt wird, oder ein Strom ist die rückgeführte Größe in einem Regelkreis. Klassisch werden Ströme indirekt gemessen, Messgröße ist die an einem Reihenwiderstand (Shunt) abfallende Spannung. Die Methode ist verlustbehaftet, bei hohen Strömen kann die Verlustwärme des Shunt Werte annehmen, die nicht mehr tolerierbar sind. Hinzu kommt, dass Shunt-Widerstände, die für hohe Leistungen ausgelegt sind, relativ viel Raum beanspruchen. Mit dem hier betrachteten MOSFET ist das präzise Messen hoher Ströme möglich, ohne dass ein Shunt mit der Last in Reihe geschaltet werden muss.

Der BUK7105-40AIE [1] ist ein so genannter *TrenchPLUS-FET*, entwickelt für den Einsatz in der Kfz-Elektronik. Das Gate ist zuverlässig gegen ESD geschützt, der MOSFET erfüllt den Standard Q101. Wie ist dieser MOSFET aufgebaut? Man entwerfe eine kleine MOSFET-Zelle und kopiere sie einige tausend Mal auf einen Silizium-Wafer. Das Ergebnis ist ein MOSFET mit niedrigem  $R_{ds(on)}$ , der Strömen der Größenordnung einiger Ampere gewachsen ist. Das Design erlaubt es, einen separaten Drain-Anschluss nach außen zu führen, der an 1/500 der MOSFET-Zellen liegt (siehe Bild 1 und 2). Ferner ist ein *Kelvin*-Anschluss vorhanden, er ist mit der Source des FET verbunden. Der Begriff steht in Zusammenhang mit der Methode der so genannten Vierpunkt-Messung. Über den Anschluss kann die Source-Spannung exakt gemessen werden, ohne dass Spannungsabfälle an Leiterbahnen das Ergebnis beeinflussen. In Bild 3 ist skizziert, wie eine Messschaltung mit einem solchen FET aussehen kann. Der zweite Opamp ist dort nur symbolhaft dargestellt, denn er muss lediglich das Signal für den A/D-Wandler des Mikrocontrollers invertieren. Angewendet wird eine Variante mit virtueller Masse (*virtual earth*), die erzielbare Genauigkeit beträgt etwa 5 %. In dieser Konstellation ist der Drain-Strom aus  $V_{sense} = ((-I_D) \cdot R_{sense})/n$  ableitbar, wobei  $n = I_D/I_{sense}$  ist. Die Opamps liegen hier an symmetrischen Betriebsspannungen. In der *Application Note* [2] wird eine andere Schaltungsvariante beschrieben, die nicht die gleiche Genauigkeit erreicht, jedoch mit einer unsymmetrischen positiven Betriebsspannung auskommt.

Der BUK7105-40AIE kann beispielsweise dort eingesetzt werden, wo die Werte hoher geschalteter Ströme bestimmt werden müssen.

Parameter	Bedingungen	Wert (typisch)
$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}$ , $I_D = 50\text{ A}$ , $T_j = 25\text{ °C}$	4,5 mΩ
$R_{D-Isense(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}$ , $I_D = 100\text{ mA}$ , $T_j = 25\text{ °C}$	1,08 Ω
$I_D/I_{sense}$	$T_j > -55\text{ °C}$ ; $T_j < -175\text{ °C}$ , $V_{GS} > 10\text{ V}$	500
$V_{GS(th)}$	$T_j = 25\text{ °C}$ , $I_D = 1\text{ mA}$	3 V

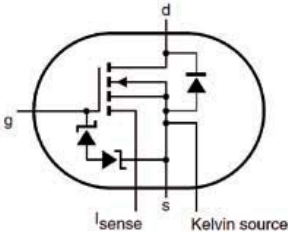


Bild 1. Schaltungssymbol.

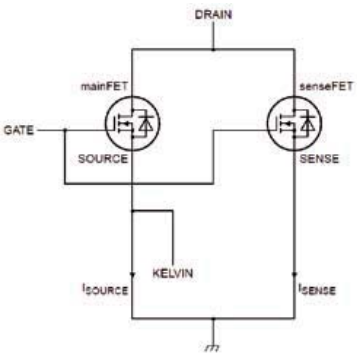


Bild 2. Ersatzschaltung.

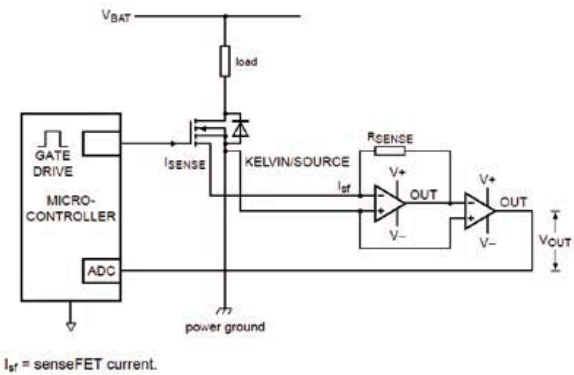


Bild 3. Anwendungsbeispiel.

[1] [www.nxp.com/documents/data\\_sheet/BUK7105-40AIE.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BUK7105-40AIE.pdf)  
[2] [www.nxp.com/documents/application\\_note/AN10322.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10322.pdf)



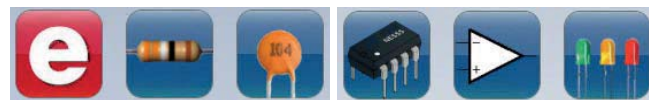
## Elektor-Newsletter E-weekly jetzt gratis abonnieren!

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](http://www.elektor.de/newsletter)!



## Elektor Electronic Toolbox

Erhältlich im  
**App Store**

### Umfangreiche Elektroniker-App von Elektronikern für Elektroniker

Die neue „Elektor Electronic Toolbox“-App ist ganz auf die Belange von Elektronikern zugeschnitten. 33 Einzelprogramme/Anwendungen können über eine übersichtliche Oberfläche ausgewählt werden. Sehr hilfreich im Entwickleralltag sind die Datenbanken für die Bauteilgruppen Bipolar-Transistoren, FETs, Triacs, Thyristoren, Dioden und ICs. Ein Bauteil kann anhand der Typenbezeichnung kinderleicht ausgewählt werden – eine Internetverbindung ist nicht notwendig. Insgesamt sind über 45.000 Bauteile in den Datenbanken verzeichnet. Hinzu kommt eine Spezialdatenbank, in der die Belegung einer Vielzahl von Steckverbindern aus den Bereichen Audio & Video, Computertechnik und Telefon nachgeschlagen werden kann. Nützlich sind auch die interaktiven Bauteilwert-Kalkulatoren.

Tools wie eine virtuelle Widerstandsuhr, ein Umrechner zwischen Maßeinheiten, eine Schaltsymboldatenbank und vieles mehr runden die Elektor-App ab.

Die neue „Elektor Electronic Toolbox“ (geeignet für iPhone, iPod und iPad) kann zum Preis von nur 4,99 Euro heruntergeladen werden.



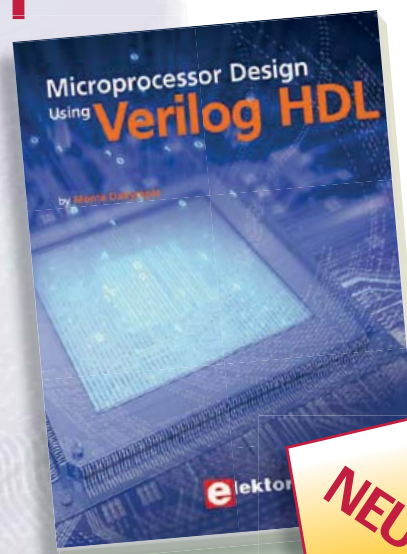
# Microprocessor Design using Verilog HDL

## ➡ Neues Fachbuch in englischer Originalsprache

Mit den richtigen Tools sollte die Entwicklung eines Mikroprozessors heute nicht mehr allzu kompliziert sein. HDL – die *Verilog Hardware Description Language* – ist ein solches Tool. Man kann damit eine elektronische Schaltung beschreiben, simulieren und synthetisieren. Dies wiederum steigert die Produktivität, da so der notwendige Aufwand bei einem Projekt geringer ausfällt.

Dieses neue englischsprachige Fachbuch ist eine konkrete und praxisorientierte Anleitung zur Entwicklung von Prozessoren. Es präsentiert Verilog HDL auf leicht verdauliche Art und Weise. Außerdem führt es gründlich durch die Reduktion einer Computer-Architektur samt Befehlssatz bis hin zur Praxistauglichkeit.

Man wird vom Anfang bis zum Ende eines Mikroprozessor-Entwicklungsprozesses geleitet, wobei alle essenziellen Schritte vom Schreiben in Verilog bis hin zum Debuggen und Testen dargelegt werden.



**NEU!**

337 Seiten (kart.)  
Format 17 x 23,5 cm  
ISBN 978-0-9630133-5-4  
€ 34,50 • CHF 42,80

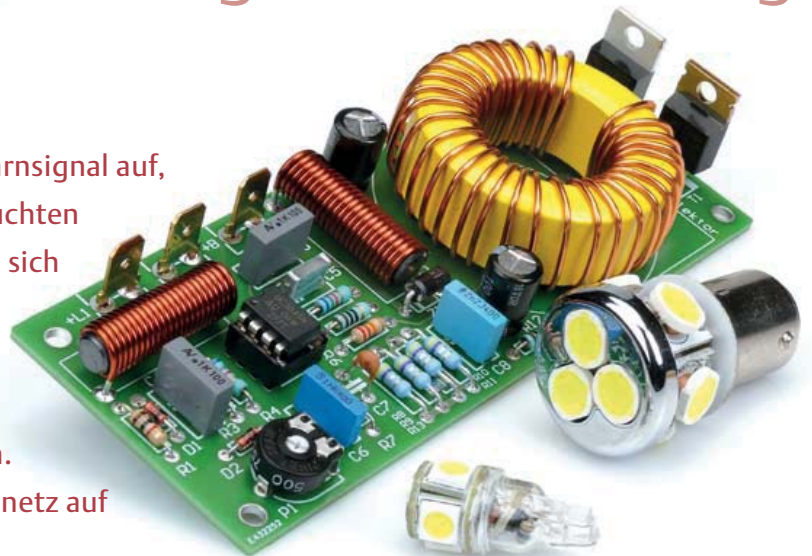
Weitere Infos & Bestellung unter [www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop)

# Verlustlose Last

## Step-up-Wandler hält Energieverluste niedrig

Von Carlo Cianferotti (I)

Im Cockpit vieler Automodelle leuchtet ein Warnsignal auf, wenn eine Glühlampe der Rück- oder Bremsleuchten defekt ist. Äquivalente LED-Lampen begnügen sich mit so wenig Energie, dass diese Warnsignale fehlerhaft sein können. Die „Verlustlose Last“ täuscht dem Warnsystem eine Glühlampe vor, ohne die Vorteile der LED-Lampe zu schmälern. Denn die entnommene Energie wird dem Bordnetz auf intelligente Weise zurückgeliefert.



Wenn Glühlampen an Kraftfahrzeugen gegen baugleiche LED-Lampen getauscht werden, entsteht häufig ein Problem: Eine Kontrolllampe im Armaturenbrett meldet einen Defekt, obwohl die LED-Lampe intakt ist und wie vorgeschrieben leuchtet. Der falsche Alarm ist auf den wesentlich niedrigeren Strom zurückzuführen, der im Vergleich zur herkömmlichen Glühlampe fließt. Einer LED-Kfz-Lampe, die eine Glühlampe ersetzt, legt der Hersteller oft einen passenden Widerstand bei, der zur LED-Lampe parallel geschaltet werden kann. So

fließt der gleiche Strom wie bei der originalen Glühlampe.

Energiesparend ist diese Lösung natürlich nicht, denn die Energiebilanz bleibt unverändert. Es macht kaum Sinn, auf der einen Seite mit der LED-Lampe Energie zu sparen, wenn die gleiche Energiemenge von einem Widerstand in Verlustwärme umgesetzt wird. Außerdem kann der Widerstand sehr heiß werden, was möglicherweise benachbarten Kunststoffteilen abträglich ist. Das Problem lässt sich mit dieser „Verlust-

losen Last“ lösen, sie suggeriert der Ausfall-Überwachung Ströme bis etwa 4 A.

### Etwas Theorie

Wie eine Lampe prinzipiell im Fahrzeug angeschlossen ist, geht aus **Bild 1** hervor. Das farbig unterlegte Symbol stellt den Ausfall-Monitor dar, der hier eine 21-W-Glühlampe überwacht. Dem Bordnetz wird ein Strom von rund 1,75 A entnommen. In **Bild 2** wird deutlich, dass  $12\text{ V} \cdot 1,25\text{ A} = 15\text{ W}$  vom parallelen Widerstand in Wärme umgesetzt werden müssen, damit auch

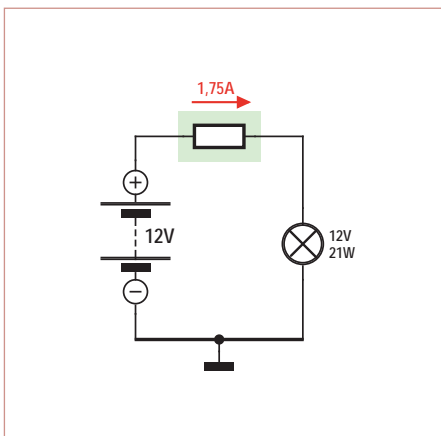


Bild 1. Das farbig unterlegte Symbol ist die Lampen-Ausfall-Überwachung. Mit der 21-W-Glühlampe im Stromkreis fließen ungefähr 1,75 A.

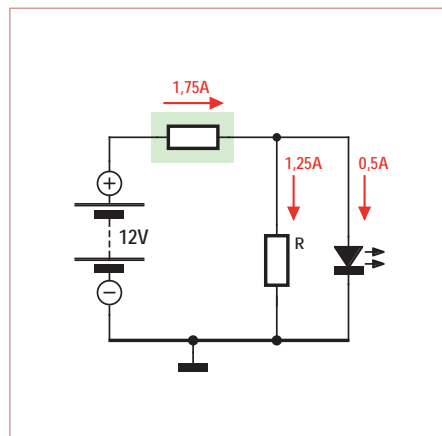


Bild 2. Der Ausfall-Monitor bleibt in Funktion, wenn 1,25 A an der LED-Ersatzlampe vorbei geleitet werden.

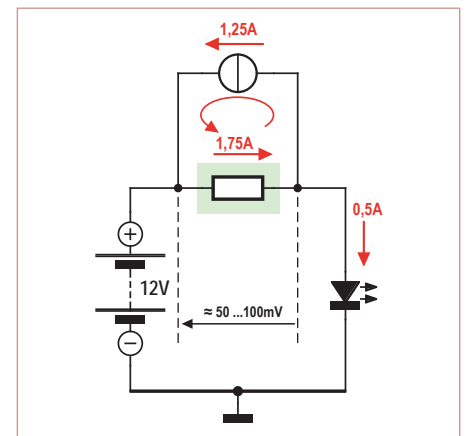


Bild 3. Die zum Reihenwiderstand parallele Stromquelle täuscht der Kfz-Elektronik eine Glühlampe vor.

beim Einsatz einer LED-Lampe 1,75 A fließen. In der Praxis genügt ein etwas geringerer Gesamtstrom, da die Schaltschwelle des Ausfall-Monitors niedriger liegt. Wenn der Ausfall-Überwachung wie in **Bild 3** eine Stromquelle parallel geschaltet wird, beträgt der hindurchfließende Strom 1,75 A. Dieser Wert stimmt mit dem Strom der ersetzten Glühlampe überein. Dem Bordnetz wird jedoch nur der Strom 0,5 A entnommen, der durch die LED-Lampe fließt. Der Energieverlust, der von einem Parallelwiderstand in Wärme umgesetzt würde, wird kompensiert.

Leider gibt es für eine geeignete Stromquelle keine Ein-Chip-Lösung, so dass eine Schaltung aus diskreten Komponenten aufgebaut werden muss. Da kein System ideal sein kann, sind auch hier geringe Energieverluste unvermeidbar. Die „Verlustlose Last“ die eigentlich „Verlustarme Last“ heißen müsste, reduziert jedoch die Energieverluste (verglichen mit dem Parallelwiderstand) um den Faktor 10.

### Konzept

Weil die Betriebsspannung der Stromquellenschaltung unter der Bordnetz-Spannung liegt und ein Strom in das Bordnetz rückgeführt werden soll, ist das Vorhaben nur mit einem Step-up-Konverter realisierbar. Damit sowohl die Anzahl der Komponenten als auch die Kosten im Rahmen bleiben, kommt ein preisgünstiger integrierter Strommodus-PWM-Controller im 8-Pin-DIP-Gehäuse zum Einsatz. Der gesteuerte Strom fließt über einen Zweig, in dem ein Leistungs-MOSFET liegt. Schaltungssimulationen und Testläufe des Musteraufbaus haben belegt, dass diese Methode eine praktikable Lösung ist, um Ströme in der Größenordnung bis zu einigen Ampere zu generieren. Auch bei erheblichen Spannungsschwankungen im Bordnetz und unterschiedlichen Umgebungsbedingungen arbeitet die Stromquellenschaltung zuverlässig.

### UC3845

Das interne Funktionsschema des Strommodus-PWM-Controllers UC3845 ist in **Bild 4** wiedergegeben. Die Frequenz des Rechteckoszillators hängt von der externen RC-Kombination R4/C6 in der Schaltung ab, die **Bild 5** zeigt. Die wichtigste Aufgabe des

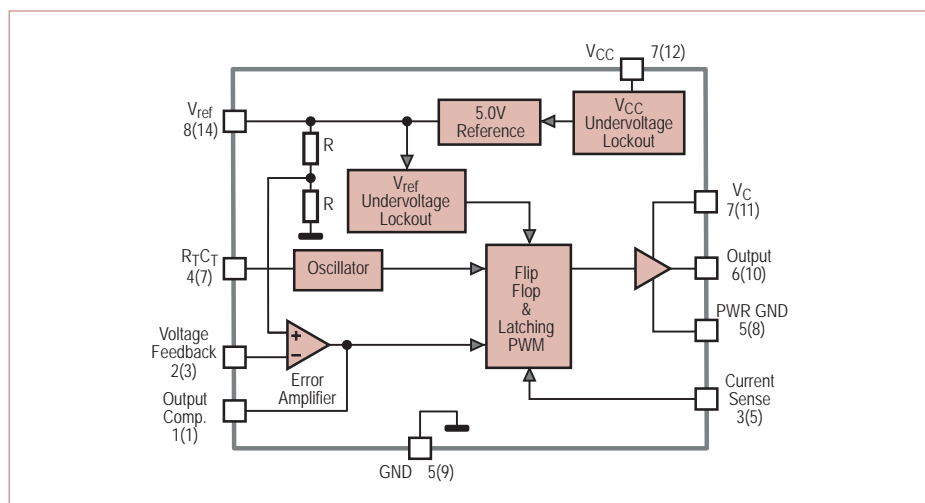


Bild 4. Internes Funktionsschema des PWM-Strommodus-Controllers UC3845.

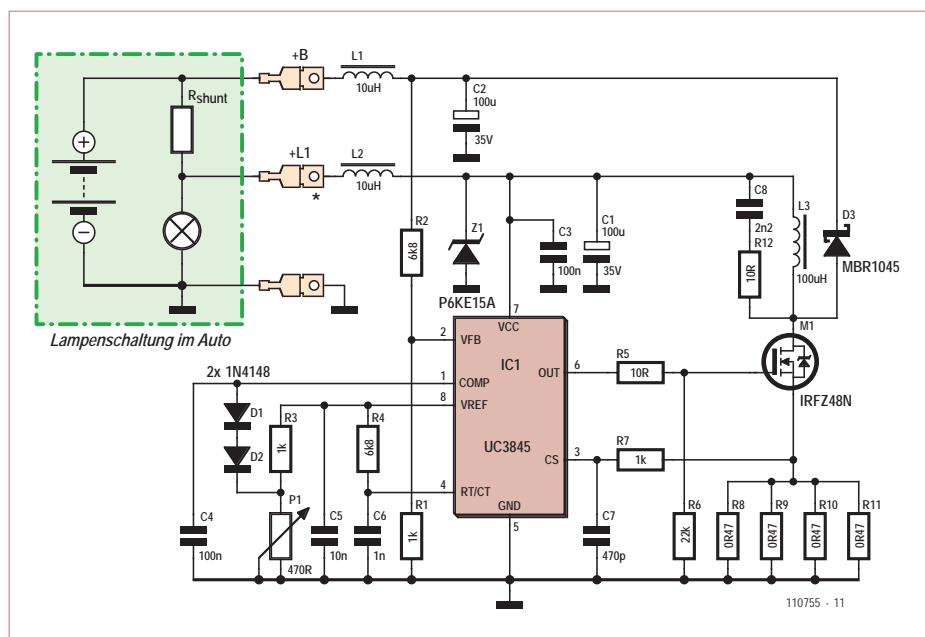


Bild 5. Schaltung der „Verlustlosen Last“, die Anzahl der Bauelemente ist erstaunlich niedrig.

PWM-Latches ist das Steuern des Spitzenstroms, der über den Stromfühler-Eingang gemessen wird. Das Ergebnis wird aus der gemessenen Größe und der vom Fehlerverstärker kommenden Größe gebildet, dieser Vorgang wird zyklisch wiederholt. Beim Einsatz in der „Verlustlosen Last“ ist der Fehlerverstärker normalerweise ständig durchgeschaltet, an seinem Ausgang liegt eine hohe Spannung. Der Strom wird eingestellt, indem eine Spannung an Anschluss COMP (Pin 1) gelegt wird, die zur Höhe des Stroms proportional ist. Die Einstellgröße ist eine konstante Span-

nung, sie wird mit Spannungsteiler R3/P1 von der internen 5-V-Referenz abgeleitet. Die Dioden D1 und D2 übernehmen die Temperaturkompensation. Es entsteht eine rückgekoppelte Steuerung des Spitzenstroms, seine Höhe hängt von der Einstellung des Potis P1 ab.

Der Spannungsteiler R1/R2 in Bild 5 erweckt den Anschein einer Spannungsrückkopplung, die Dimensionierung deutet jedoch auf einen anderen Zweck hin. Dieser Spannungsteiler dient lediglich zum Schutz der Bauelemente, falls die Anschlussklemmen offen sind. Normalerweise steigt die Span-



## Stückliste

### Widerstände:

R1, R4 = 6k8  
 R2, R3, R7 = 1 k  
 R5, R12 = 10 Ω  
 R6 = 22 k  
 R8...R11 = 0Ω47/0,5 W \*  
 R13 = 0Ω1/2 W \*  
 P1 = Trimpoti 470 Ω  
 \* siehe Text

### Kondensatoren:

C1, C2 = 100 µ/35 V, Low ESR/ESL  
 C3, C4 = 100 n  
 C5 = 10 n  
 C6 = 1 n  
 C7 = 470 p  
 C8 = 2n2

### Induktivitäten:

L1, L2 = 10 µH/5 A, Würth 744711005 oder  
 Conrad 420284  
 L3 = 100 µH/5 A, Würth 7447070 oder  
 Conrad 438020

### Halbleiter

D1, D2 = 1N4148  
 D3 = MBR1045  
 D4 = P6KE15A, TVS-Diode 15 V/600 W  
 IC1 = UC3845N  
 T1 = IRFZ48N

### Außerdem:

Flachstecker 6,35 mm für Platinenmontage  
 Isoliermaterial TO220 für D3 und T1  
 Kühlkörper 10 K/W \*  
 Platine 110755-1 ([www.elektor.de/110755](http://www.elektor.de/110755))  
 \* siehe Text

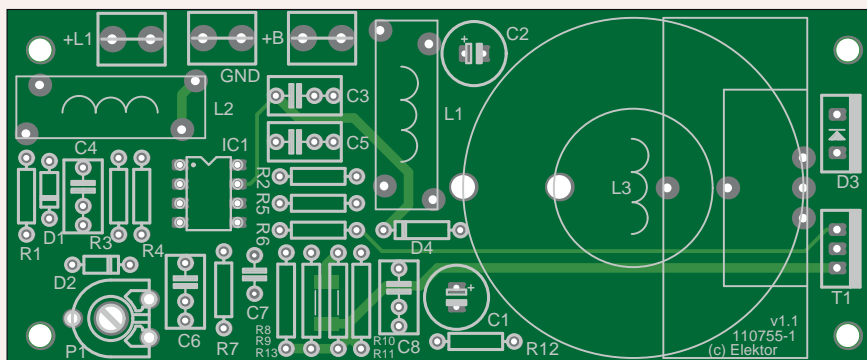
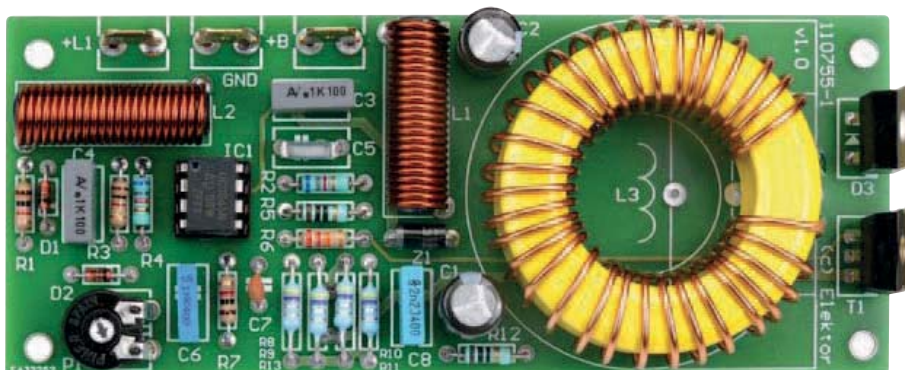


Bild 6. Die Platine ist für Komponenten mit Drahtanschlüssen ausgelegt. Die Widerstände R8...R11 können durch einen SMD-Widerstand R13 ersetzt werden.



nung an +B nicht wesentlich über 14 V. An Anschluss VFB (Pin 2) beträgt die Spannung ungefähr 1,8 V. Da am nichtinvertierenden Eingang des Fehlerverstärkers (siehe Bild 4) die von der Spannungsreferenz abgeleitete Spannung 2,5 V liegt, arbeitet der Fehlerverstärker in der Sättigung. Wenn jedoch Klemme +B offen ist, kann der konstante Strom nicht fließen. Die in der Induktivität L3 gespeicherte Energie kann dann nirgendwo hin. Diese Energie ist so hoch, dass die resultierende Spannung Bauelemente zerstören kann. Die Spannungsrückführung wirkt dieser Gefahr entgegen. Wenn die Spannung an +B etwa 19 V übersteigt, fährt der Fehlerverstärker die Stromeinstellung auf einen sicheren Wert zurück. Der Kondensator C4 stabilisiert die Rückkopplungsschleife, indem er deren Reaktion verzögert.

## Schaltung

Wie Bild 5 zeigt, ist Klemme +L1 mit dem im Bordnetz vorhandenen Reihenwiderstand verbunden. Die Drossel L2 dämpft Störungen, die ins Bordnetz gelangen könnten, während die Suppressor-Diode D4 Spannungsspitzen kappt. Elko C1 liefert die Energie für die schaltende Steuerung. Seine Kapazität ist nicht kritisch, die ESR- und ESL-Werte müssen jedoch niedrig sein. Elkos für so genannte allgemeine Anwendungen sind hier nicht brauchbar. Es folgt der eigentliche Step-up-Konverter, bestehend aus Induktivität L3, MOSFET T1 und Diode D3. Sowohl der MOSFET als auch die Diode gehören zu den preiswerten Typen. Bei Strömen über 1 A müssen MOSFET T1 und Diode D3 auf einen Kühlkörper montiert werden. Die Diode entwickelt deutlich mehr Wärme als der MOSFET, denn der mittlere hindurchfließende Strom ist verglichen mit dem MOSFET wesentlich höher. Das RC-Glied R12/C8 unterdrückt Schwingungen, die wegen der Drain-Kapazität des MOSFETs auftreten können.

Der von der Diode D3 kommende Strom wird vom Elko C2 gepuffert. Für C2 gilt wie für C1, dass niedrige ESR/ESL-Werte unabdingbar sind. Der Kreis schließt sich über die Drossel L1. In vergleichbaren schaltenden Stromversorgungen haben die Elkos C1 und C2 meistens höhere Werte. Hier geht es jedoch darum, den schnellen Schaltübergängen gerecht zu werden, auf möglichst

ideale Eigenschaften des Stroms kommt es weniger an.

Das PWM-Signal des Controllers IC1 steuert über R5 das Gate des MOSFETs. Der Widerstand begrenzt den Gate-Strom und mindert die Schwingneigung, die infolge der Streuinduktivitäten und der Gate-Kapazität auftreten kann. R6 legt das Gate an Masse, falls der Controller nicht vorhanden ist. Der Source-Strom verursacht an den parallelen Widerständen R8...R11 (oder alternativ R13) einen Spannungsabfall, der den Stromfühler-Eingang des Controllers (Pin 3) steuert. R13 ist ein SMD-Widerstand der Bauform 2512, er kann die vier parallelen 0,5-W-Widerstände R8...R11 ersetzen. Ein einzelner gewickelter 2-W-Drahtwiderstand ist hier wegen seiner hohen Induktivität nicht verwendbar. Bevor das Stromfühlersignal zum Controller gelangt, durchläuft es den Tiefpass R7/C7. Der Tiefpass dämpft Störungen, die durch Unvollkommenheiten des Signals entstehen können.

Die Schaltfrequenz ist durch die Dimensionierung von R4/C6 auf etwa 100 kHz eingestellt. Diese Frequenz stellt einen guten Kompromiss zwischen kleineren Induktivitäten und Kapazitäten auf der einen Seite und höheren Schaltverlusten und steigenden Anforderungen an die Platine auf der anderen Seite dar. C5 glättet die Referenzspannung, C4 hat die gleiche Funktion für die Einstellspannung. Gleichzeitig begrenzt C4 das plötzliche Ansteigen der Einstellspannung unmittelbar nach dem Einschalten. Übrig bleibt noch C3, er puffert die Betriebsspannung des Controllers IC1.

### Aufbau und Test

Das Platinenlayout (Bild 6) steht im Internet auf der Projektseite [1] zum Download bereit. Die Platinenbestückung beginnt bei den niedrigen Komponenten. Elektronik in Fahrzeugen ist ständigen Vibrationen und Erschütterungen ausgesetzt. Insbesondere Komponenten mit viel Masse wie Elkos und Drosseln müssen mechanisch so fixiert werden, dass ihre Anschlüsse auch auf Dauer nicht brechen. Auf der Platine sind zwei Bohrungen zum Sichern der Ringkerndrossel L3 mit einem Kabelbinder vorhanden. Nachdem der Schaltungsaufbau erfolgreich getestet wurde, kann er zum Schutz vor Feuchtigkeit mit Klarlack behandelt werden.

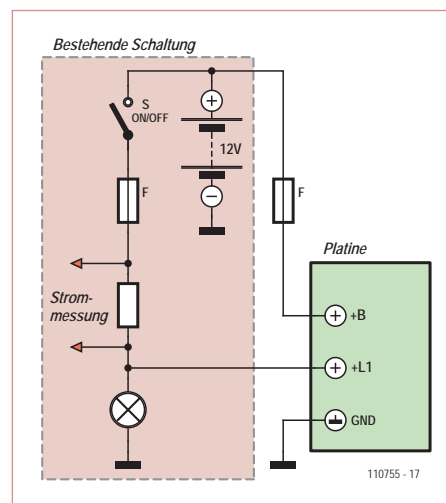
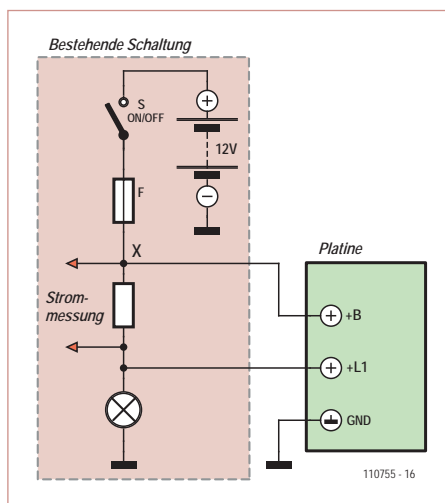


Bild 7 und 8. Zwei schaltungstechnische Varianten für den Einbau in die Kfz-Elektrik.

Die Kabelanschlüsse sowie die Kontaktflächen der Diode und des MOSFETs sind vor dem Lackieren mit Klebeband abzudecken! Obwohl keine Komponente besonders kritisch ist, sollte der Ersatz oder Austausch gegen ähnliche Typen nicht willkürlich vorgenommen werden. Am wenigsten kritisch sind die Drosseln L1 und L2. Hier ist nur darauf zu achten, dass die verwendeten Typen die vergleichsweise hohen Ströme vertragen, ohne in die Sättigung zu geraten. L1, L2 und L3 sind als Festinduktivitäten im Handel erhältlich (siehe Stückliste). Ähnliche Exemplare aus ausgeschlachteten Schaltnetzteilen lassen sich ebenfalls mit Erfolg verwenden.

Für die Wärmeabfuhr der Leistungshalbleiter genügt ein gemeinsamer Kühlkörper. Geeignet ist ein handelsüblicher Typ aus Aluprofil mit L-Querschnitt, der 30 · 30 mm misst und 2 mm stark ist. Wenn die Schaltung in einem Metallgehäuse untergebracht wird, können die Gehäusewände die Funktion des Kühlkörpers übernehmen. Die Anschlüsse der Leistungshalbleiter sind bündig an der Platinenstirnseite angeordnet, so dass ein gemeinsamer Kühlkörper bequem montiert werden kann. Wichtig ist hier, dass die Diode und der MOSFET vom Kühlkörper elektrisch isoliert sein müssen. Die Kühlfahnen dürfen sich nicht berühren und keinen Schluss nach Masse haben!

Auf dem Arbeitstisch lässt sich die „Verlustlose Last“ wie folgt testen: An die Anschlüsse +B und +L1 wird ein Digitalmultimeter gelegt, geschaltet in den Gleichstrombereich 10 A. Anschluss +B wird mit einer Gleichspannung +13,8 V bezogen auf Masse verbunden. Wenn als Gleichspannungsquelle eine Autobatterie oder ein Netzteil ohne Strombegrenzung dient, müssen zwei flinke 2-A-Sicherungen in den Leitungen für Sicherheit sorgen. Der Strom, der durch das Multimeter fließt, muss sich nun mit P1 im Bereich 0...4 A einstellen lassen, wobei die untere Grenze auch etwas höher liegen darf. Die Diode und der MOSFET dürfen sich nur mäßig erwärmen. Anderenfalls ist der Kühlkörper zu knapp bemessen, oder sein Wärmewiderstand liegt zu hoch.

Um den Energieverlust oder Wirkungsgrad zu bestimmen, wird P1 auf den gewünschten Strom eingestellt, beispielsweise 2 A. Die Anschlüsse +B und +L1 werden kurzgeschlossen, das Multimeter wird anstelle einer Sicherung in den Stromkreis gelegt. Wenn jetzt das Multimeter 240 mA anzeigt, während über die Kurzschlussbrücke 2 A fließen, beträgt die Verlustleistung  $13,8 \text{ V} \cdot 0,24 \text{ A} = 3,3 \text{ W}$ . Ein ohmscher Widerstand würde an dieser Stelle  $13,8 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 27,6 \text{ W}$  in Wärme umsetzen!

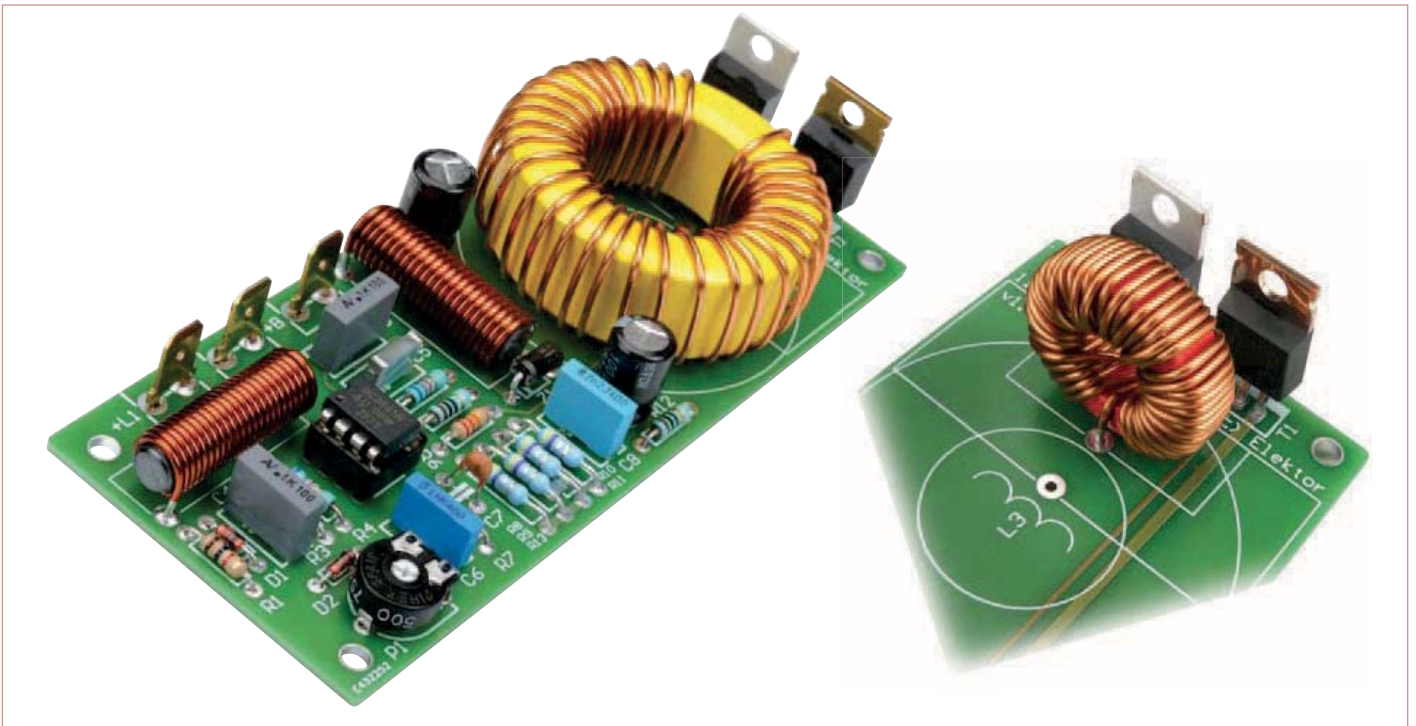


Bild 9. Auf der Platine hat die Ringkerndrossel L3 in unterschiedlichen Bauformen Platz. Dieses Exemplar von Würth [2] ist vergleichsweise klein.

### Sicherer Fahrzeugeinbau

Es ist ein Irrtum, dass Arbeiten an der Elektrik von Fahrzeugen weniger gefährlich als der Umgang mit der Netzwechselspannung 230 V sind. Tatsächlich beträgt die Nennspannung des Bordnetzes nur 12 V oder 24 V, so dass unter Spannung stehende Teile gefahrlos berührt werden dürfen. Kurzschlüsse von Autobatterien können jedoch Ströme von mehreren hundert Ampere zur Folge haben. Solche Ströme bringen sogar Werkzeuge wie Schraubenschlüssel, Zangen und Schraubendreher zum Glühen. Die Gefahr von Bränden darf nicht unterschätzt werden, außerdem können sprühende Funken die Augen verletzen!

In die Fahrzeugelektrik fügt sich die „Verlustlose Last“ wie in **Bild 7** oder **Bild 8** gezeigt ein. Die erste Variante ist meistens einfacher realisierbar, die Leitungen nach +B und +L1 sind durch die im Fahrzeug vorhandene Sicherung geschützt. Allerdings ist Punkt X nicht immer ohne Mühe zugänglich. Bei der zweiten Variante verläuft nur die +L1-Leitung über die Fahrzeugsicherung. In die vom Zündschloss nicht geschaltete +12-V-Leitung nach +B muss eine Sicherung

eingefügt werden. Falls diese Leitung nicht an einem bereits abgesicherten Punkt des Bordnetzes liegt, sondern unmittelbar an der Autobatterie angeschlossen wird, ist eine externe Sicherung unbedingt Pflicht. Eine so genannte fliegende Sicherung im Kabel, die sich nahe der Autobatterie befindet, ist einer im Schaltungsgehäuse eingebauten Sicherung vorzuziehen. Der Wert dieser Sicherung muss gleich dem Wert der in der anderen Leitung liegenden Sicherung sein.

Nach dem Einbau in das Fahrzeug folgen die Endeinstellung und ein abschließender Test. Zuerst wird P1 auf minimalen Widerstand gestellt, dann wird die Lampe eingeschaltet und P1 wird so justiert, dass die Kontrollleuchte im Armaturenbrett verlischt. Ein vorsichtiges Weiterdrehen kurz hinter diesen Punkt erhöht die Stabilität. Während des Einstellvorgangs kann der Strom mit dem Multimeter in der +L1-Leitung gemessen werden. Der Messbereich muss auf 10 A Gleichstrom geschaltet sein.

Zum Schluss wird überprüft, ob die Kontrollleuchte beim Entfernen der LED-Lampe aufleuchtet. Der Strom, den die „Verlustlose Last“ fließen lässt, darf allein nicht dazu füh-

ren, dass der Ausfall-Monitor wie bei einer intakten Lampe reagiert. Er soll seine Aufgabe nach wie vor erfüllen, sowohl bei laufendem als auch bei stehendem Motor.

### Zwei Anmerkungen

Erstens: Der Einsatz eines Trimpotis in dieser Schaltung ist nicht ideal. Vibrationen und Stöße, die im Fahrzeug unvermeidlich sind, können das Trimpoti verstellen. Eine bessere Lösung besteht darin, P1 provisorisch anzuschließen, den Wert nach Finden der korrekten Einstellung zu messen und P1 durch einen Festwiderstand mit möglichst gleichem Wert zu ersetzen.

Zweitens: Bei ständig steigenden Kraftstoffpreisen kann sich der Einsatz „Verlustloser Lasten“ durchaus lohnen. Die Ersparnis beträgt etwa 7 ml Kraftstoff in der Stunde für 20 Watt elektrische Energie, die nicht als Verlustwärme verloren geht!

(110755)gd

### Weblinks

[1] [www.elektor.de/110755](http://www.elektor.de/110755)

[2] [www.we-online.de](http://www.we-online.de)

**Wichtiger Hinweis:** Das Ersetzen von Glühlampen in Kfz-Beleuchtungen durch nicht zugelassene LED-Lampen kann ein Verstoß gegen gesetzliche Vorschriften sein. Prüfen Sie, ob die LED-Lampen Ihrer Wahl an Ihrem Fahrzeug erlaubt sind!



# Alle Elektor-Artikel der "80er-Jahre" auf DVD

**NEU!**



- 10 JAHRE ELEKTOR  
AUF DVD**
- Elektronisches Jahrgangs-Archiv, Artikel als PDF, schnelle Suchfunktion
  - 110 Elektor-Hefte, mehr als 2100 Artikel, bequeme Druckfunktion
  - Ideen, Schaltungen und Projekte für Elektroniker im Beruf, in der Weiterbildung und der Freizeit

**Ein Muss  
für jeden  
Elektor-Leser!**

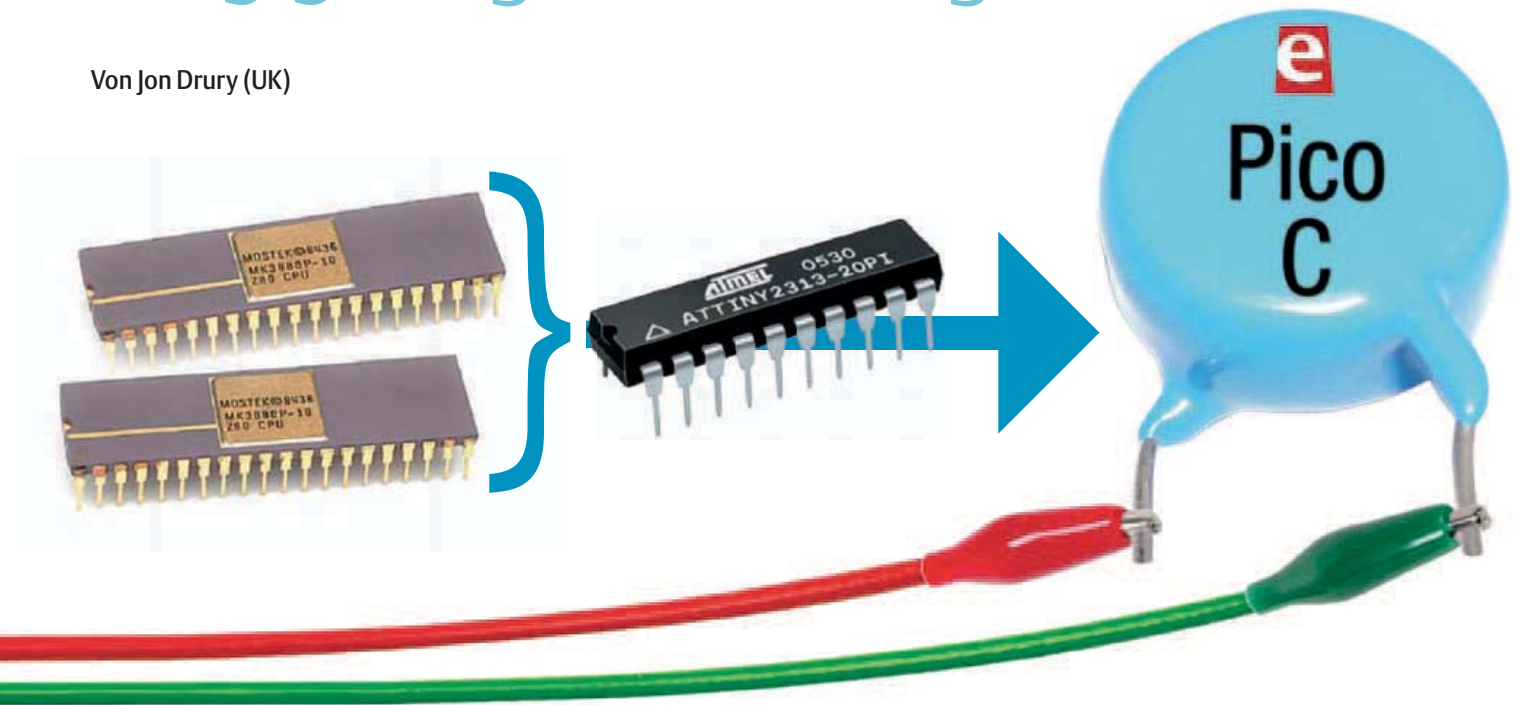
ISBN 978-3-89576-258-1  
€ 89,00 • CHF 110,40

Jetzt unter [www.elektor.de/80-89](http://www.elektor.de/80-89) bestellen!

# Inside Pico C-Super

## AT2313-Programmierung im Z80-Stil

Von Jon Drury (UK)



Unser Artikel zu Pico C-Plus & Pico C-Super kam bei vielen Elektor-Lesern gut an. Auf vielfache Nachfrage beschäftigt sich diese Zugabe nochmals näher mit der Software, speziell mit der Plus-Version.

Graphologen können angeblich den Charakter aus der Handschrift diagnostizieren. Den Hintergrund eines Programmierers erkennt man auf jeden Fall an seinem Code. Als ich zum ersten Mal über die Erweiterung des originalen Pico-C-Codes nachdachte, erinnerte ich mich daran, dass ich vor vielen Jahren kleine Systeme mit Z80 etc. programmiert hatte. In den Anfängen standen damals höchstens 512 Bytes an Programmspeicher zur Verfügung. Code-mäßig musste man also ein Bier in ein Schnapsglas quetschen. Als ich irgendwo las, dass es eine besondere Herausforderung sei, den Code für Pico C in einen AT2313-Mikrocontroller [1] hineinzubekommen, nahm ich den Fehde-Handschuh auf. Das Ergebnis davon ist Pico C-Super [2] - eine erweiterte Version der Original-Idee, die einige Extrafunktionen mit Hilfe von Software in die gleiche, extrem einfache und preiswerte Hardware hineinstopft. In diesem Artikel versuche ich zu erläutern, wie das geht. Ich hoffe, dass andere Programmierer Teile meines Codes nützlich finden und in ihre eigenen Projekte integrieren. Genauso wie ich schon häufig von Code profitiert habe, der via Elektor oder dem Internet verfügbar gemacht wurde.

### Register

Zunächst geht es um Register, denn diese reflektieren meine Z80-Geschichte. Die Atmel-Notation r0...r31 finde ich nicht hilfreich. Man kann sich kaum merken, wo da was gespeichert wird. Es ist daher sinnvoll, die Register mit praktikableren Namen auszustatten. Ich taufte sie im Z80-Stil: Ein „A“-Register für allgemeine Zwecke,

das „B“-Register als Schleifenzähler (erinnert sich noch jemand an DJNZ = *Decrement, Jump Not Zero?*) und die Registerpaare HL, DE, BC als 16-bit-Register für Berechnungen. Bei Pico C-Super gibt es 24-bit-Arithmetik, weshalb ich das Register-Triplet GHL wie in **Listing 1** verwende.

Meine „Z80-Register“ habe ich alle in den Bereich r16...r31 gelegt, da es toll ist, wenn man Immediate-Mode-Befehle wie LDI mit Arbeitsregistern verwenden kann. Die unteren Register r0...r15 reserviere ich als Variablenspeicher, da der Zugriff darauf schneller ist als der auf RAM. Bei Pico C-Super gibt es eine 24x24-bit-Multiplikation, gefolgt von einer 48/24-bit-Division. Der Code wird kompakter, wenn man das Ergebnis der Multiplikation in einem Satz aus sechs Registern (A0...A5) hält. Es steht dann als Dividend für die nachfolgende Division zur Verfügung.

### Makros

Einige 16-bit-Lade-Befehle sind in Form von Makros nützlich, da keine im AVR-Befehlssatz enthalten sind. Das Makro LDIZ beispielsweise (siehe **Listing 2**) lädt das Z-Registerpaar mit einem 16-bit-Wert in einer einzigen Programmzeile. Solche Makros gibt es auch für die Registerpaare BC, DE sowie X und Y. Es gibt auch ein Makro DJNZ, das mich an früher erinnert.

Assembler-Programmierung kann ziemlich monoton werden, wenn man den gleichen Code mit verschiedenen Werten oft wiederholen muss. Die Monotonie vergeht, indem man passende Makros oder



Subroutinen schreibt. Pico C-Super nutzt zum Beispiel das Makro `WRNUM16` in **Listing 3**, um eine binäre in eine dezimale Zahl zu konvertieren und diese formatiert auf einem LCD auszugeben. Diese einzelne Programmzeile wird zu etlichen Zeilen Assembler-Code, wenn das Programm kompiliert wird, da hier einige Unterprogramme aufgerufen werden.

Auf diese Weise kann man die Flexibilität der AVR-Register und des Atmel-Makro-Assemblers ausnutzen, um eine maßgeschneiderte Umgebung zu erstellen, mit der die Programmierung einfacher und kompakter ausfällt.

## ISR

**Listing 4** zeigt eine ISR (Interrupt Service Routine), welche zentral für Periodendauer-Messungen ist. Zeit wird mit Hilfe von T0 und T1 gemessen, die zu einem Timer mit 24+ bit kombiniert werden, der mit dem CPU-Takt von 20 MHz betrieben wird. Der Interrupt wird bei steigender Flanke ausgelöst, sodass die Zeit zwischen zwei Interrupts der Periodendauer des Signals an Eingang INT0 entspricht. Die ISR muss die Zeitmessung starten und nach einer bestimmten Anzahl von Perioden wieder stoppen. Hierzu wird die Anzahl an ISR-Aufrufen in der Variablen `icnt` gezählt. Diese Variable wird im Hauptprogramm auf null gesetzt, bevor die Interrupts aktiviert werden. Die Zählung startet beim nächsten Interrupt. Die ISR vergleicht dann `icnt` mit der Periodenzahl mit Hilfe des Registers „C“ und stoppt die Zählung, wenn der Zielwert erreicht ist - `icnt` wird aber weiter inkrementiert. In der Zwischenzeit arbeitet das Hauptprogramm eine Schleife ab, die erst verlassen werden kann, wenn `icnt` den Wert von Ziel+1 in Register „D“ erreicht hat. Da das Hauptprogramm keines der Register der ISR mit Ausnahme des Status-Registers und `icnt` verwendet, muss die ISR lediglich das Status-Register retten und restaurieren. Die ISR (`Int_sub`) wird für beide Interrupts an INT0 und INT1 genutzt, wodurch die externe Periodendauer und Kapazität gemessen werden können. Die Arithmetik ist für 24 bit konzipiert. Es ist also wichtig, dass die Zählerwerte 24 bit nicht überschreiten, da es sonst Fehler setzt. Die Detektion von Überläufen ist etwas ungewöhnlich, da das Zählerpaar T0/T1 25 bit breit ist (enthält OCOB). Der Test auf Überlauf geschieht durch Kombination einer konventionellen Methode per ISR (`ovf_sub`, testet Bit 26) mit Rotation und Test des Übertrags für Bit 25 in der Routine `MeasB`.

**Listing 1. Teil der Register-Definitions-Datei mit Z80-analogen Registern.**

```
.DEF    A=r16
.DEF    B=r20
.DEF    C=r21
.DEF    D=r22
.DEF    E=r23
.DEF    H=r24
.DEF    L=r25
.DEF    G=r28 ;this one is special for Pico Super
```

**Listing 2. Beispiele von Erweiterungen zum AVR-Befehlssatz.**

```
.MACRO LDIZ    ;value to load
        LDI     ZH,high(@0)
        LDI     ZL,low(@0)
.ENDM

.MACRO DJNZ     ;Z80 decrement and jump not zero
        DEC     B
        BRNE    @0 ;jumps to label @0
.ENDM
```

**Listing 3. Binär/Dezimal-Konversion und Formatierung für das LCD.**

```
.MACRO WRNUM16 ;position,predp,postdp. 16 bit variable in HL
        RCALL   CNV5B      ;convert to BCD
        LDI     A,@0       ;LCD position
        LDI     B,@1       ;digits before decimal point
        LDI     C,@2       ;digits after decimal point
        RCALL   wrnumb     ;display it
.ENDM
```

**Listing 4. ISR für Periodendauer-Messungen.**

```
;Note 'C' is used to control number of Periods to be timed
Int_sub: IN      A,SREG ;save SREG
        PUSH    A
        TST     icnt ;if icnt=0 use int to start count
        BREQ    i0strt
        CP      icnt,C ;else check for end of count
        BRCS    Int0x
        STOP_COUNT ;is end of count
        RJMP    Int0x
i0strt: NOP ;keeps start and stop
timing equal
        NOP
        START_COUNT ;If icnt=0

Int0x: INC     icnt ;bump count and exit
        POP     A ;restore SREG
        OUT     SREG,A
        RETI
```



Die wichtigsten Mathe-Routinen sind die 24x24-bit-Multiplikation und die 48/24-bit-Division. Beide sind von ihren 16-bit-Versionen in Atmels Application Note AVR200 abgeleitet und stellen binäre Versionen der Divisionen und Multiplikationen dar, die ich vor Äonen in der Grundschule gelernt habe. Die Atmel-Divisions-Routine brauchte noch etwas zusätzlichen Code, damit sie auch dann korrekt funktioniert, wenn das höchstwertige Bit des Divisors gesetzt ist.

## Tabellen

Die Software macht intensiven Gebrauch von Tabellen, besonders beim Setzen von Parametern als Reaktion auf die Multiplikator-Auswahl und auch beim Setzen von T1 im Signalgenerator-Modus sowie bei der Anzeige der entsprechenden Frequenz. Diese Tabellen mit Einträgen fixer Länge werden so variiert, dass der Anfang eines bestimmten Eintrags mit einer einfachen Berechnung gefunden werden kann (siehe `gtrcd`). Da ein ATtiny keinen `MULTIPLY`-Befehl hat, wurde dies durch repetitive Addition realisiert. Die Struktur eines Tabelleneintrags ist beliebig. Es ist lediglich wichtig, sie so zu benutzen, wie sie angelegt wurde. Als Beispiel besteht die Tabelle im EEPROM für die Ausgangsfrequenz aus 6-Byte-Einträgen. Das erste Byte enthält die Vorteiler-Bits für T1, die beiden nächsten Bytes enthalten den Wert für OCR1, die nächsten zwei sind binäre Werte für die dezimal auf dem LCD angezeigten Ziffern und das letzte Byte ist der ASCII-Code der angezeigten Größensymbole vor dem fixen „Hz“. Das Makro `GET_RECORD` erleichtert den Zugriff auf die Tabellen.

Die Modus-Auswahl nutzt eine Tabelle mit den Adressen der LCD-Meldungen und der Adresse des Programm-Moduls, das nach einer Modus-Auswahl ausgeführt wird. Dies ist eine passende Anwendung des indirekten Sprungbefehls `IJMP`, den ich ansonsten relativ selten verwende.

## Subroutinen

Subroutinen, die alle Register beim Einsprung retten und beim Rücksprung restaurieren, sind eine Stilfrage. Ich belaste meine Routinen nicht mit so etwas, da sie dann kompakter ausfallen. Als Konsequenz muss ich manchmal im Hauptprogramm Register retten und wiederherstellen. Viel öfter aber lege ich wichtige Variablen im SRAM ab oder wähle andere Register, sodass zerstörte Registerinhalte vermieden werden.

## Klassisch/Super

Das Programm ist so gestrickt, dass es sowohl mit der frühen Klassik-Hardware (Platine # 100823-1) als auch mit der modifizierten Variante (Platine # 110687-1) läuft. Das Programm verwendet für diesen Zweck bedingte Assemblierung, und die Boolesche Variable PB (first Published Board) wird so zur Modifikation benutzt, dass die Software zu beiden Boards passt. PB sollte deshalb vor Kompilierung und Programmierung des Controllers richtig gesetzt werden. Eine zweite Option erlaubt die Verwendung des etwas größeren ATtiny4313, wobei dann zusätzliche Optionen beim Signalgenerator möglich sind.

## Bonus

Bei der Überarbeitung der Software für die Veröffentlichung konnte ich einigen nutzlosen Code entfernen, wodurch Platz für eine zusätz-

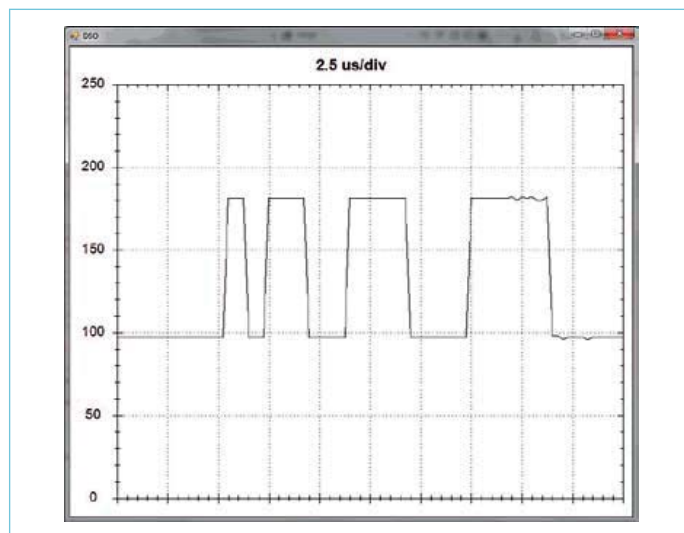


Bild 1. Eine Impulsreihe mit 1-2-3-4- $\mu$ s, angezeigt mit dem Piccolo DSO bei 4 MS.

liche Option frei wurde. Dabei handelt es sich um einen einfachen, durch eine Tabelle gesteuerten Impulsgenerator, bei dem die Länge der beiden Segmente (Puls und Pause) zwischen 1 und 64  $\mu$ s mit einer Auflösung von 0,25  $\mu$ s und einer (fast) beliebigen Sequenz-Länge eingestellt werden kann. Nach Ablauf wiederholt sich die Sequenz. Der Screenshot von **Bild 1** zeigt ein Beispiel. Die Tabellenstruktur wird im Source-Code (`ptab`) erklärt. Diese Funktion nutzt 8-bit-Zahlen um die Segment-Länge zu setzen. Eine 16-bit-Version würde zwar längere Sequenzen erlauben, doch das bei geringerer Auflösung – das müsste aber noch ausgetestet werden. Der auf der Elektor-Webseite zu diesem Artikel verfügbare Source-Code enthält diese Zusatzfunktion.

## Kompilierung und AVR Studio 4

Das Programm muss bei der Kompilierung Zugriff auf Makro- und Register-Definitions-Dateien haben. Diese stecken in der Archiv-Datei # 110687-11.zip bei [2] und [3]. Die Software wurde mit dem frei erhältlichen AVR Studio 4 [4] von Atmel geschrieben. Die Schrift `Courier` indiziert Bezeichnungen und Labels, die so auch im Programm auftauchen.

(120237)

## Weblinks und Referenzen

- [1] Pico C, Elektor April 2011  
[www.elektor.de/100823](http://www.elektor.de/100823)
- [2] Pico C-Plus und Pico C-Super, Elektor Februar 2012  
[www.elektor.de/110687](http://www.elektor.de/110687)
- [3] [www.elektor.de/120237](http://www.elektor.de/120237)
- [4] [www.atmel.com/tools/AVRSTUDIO4.aspx](http://www.atmel.com/tools/AVRSTUDIO4.aspx)

# Von den Machern von Elektor!



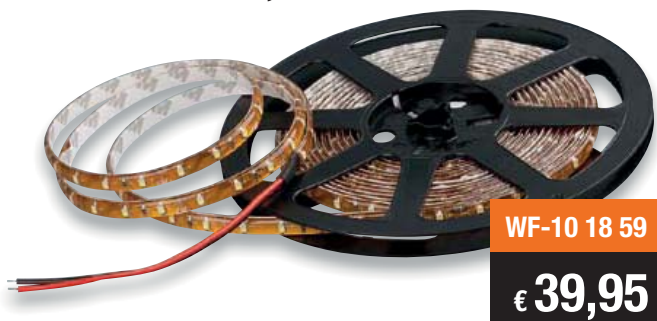
Oder frei Haus unter [www.elektor.de/roehren8](http://www.elektor.de/roehren8) bestellen!



- ✓ Innovative Produkte, viele aus eigener Herstellung
- ✓ Ausführliche Produktbeschreibungen
- ✓ Kauf ohne Risiko

## LED-Beleuchtung – das Licht der Zukunft

### LED-Streifen, 5 m



- Alle 3 LEDs individuell ablängbar, LED-Bestückung: 300 LEDs
- Farbtemperatur: Warmweiß (3500 K), Lichtstrom 1100 lm
- Kräftiges 3M-Klebeband auf der Rückseite
- Hochflexible LED-Streifen nach IP 65 (vollständiger Schutz gegen Berührung und gegen Strahlwasser) gefertigt, an den Enden IP 44; bei wasserdichter Ausführung der Anschlüssen (vom Anwender sicherzustellen!) IP-65-geeignet
- Betrieb an 12–14 Vdc, offene Kabelenden
- Lieferung auf praktischer Spule, 5 m

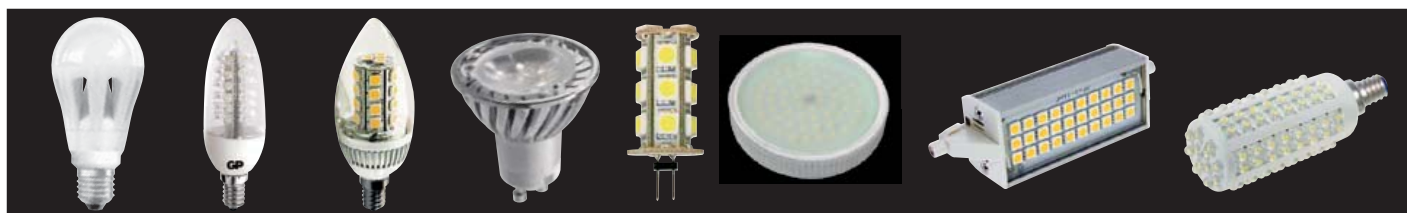
### LEDON-10-W-LED-Lampe E27



Die warmweiße LED-Lampe ist mit einem Lichtstrom von 600 lm (60 lm/W) nicht nur hell wie eine 60-W-Glühlampe, sie sticht auch durch eine exzellente Farbwiedergabe mit einem Farbwiedergabeindex (Ra) von 90 hervor – ein wichtiges Kriterium für natürliches Lichtdesign!

- Ersatz für Glühlampen bis 60 W
- Exzellente Farbwiedergabe
- Quecksilberfrei
- Keine UV-Strahlung
- Angenehme Farbtemperatur (2700 K) mit erhöhtem Rotanteil
- Langlebig – hält bis zu 25 Jahre bei 2,7 h Betrieb pro Tag
- Double-Click-Technologie – einfach auf 30 % dimmen ohne Extra-Dimmer

Besuchen Sie unsere Online-Welt zur LED-Beleuchtung mit Tipps, Ratgebern und vielem mehr: [www.led.elv.de](http://www.led.elv.de)



Eine große Auswahl an LED-Lampen finden Sie unter: [www.led-lampen.elv.de](http://www.led-lampen.elv.de)

### 3er-Sparset: LED-Aluminium-Taschenlampe mit CREE-XRE-LED



**3 erhalten, nur 2 bezahlen!**  
Sie sparen € 19,95

Im Sparset: 3 zum Preis von 2! Dank der High-Power-CREE-LED XRE-Q2 ist diese Taschenlampe ein echter Powerstrahler!

- Leuchtwerte bis 300 m, Lichtstrom: max. 130 lm
- 3 Betriebsarten: volle Leistung, halbe Leistung, Blitzlicht
- Robustes Aluminiumgehäuse, spritzwasserdicht (IP 44)
- Sturzfest bis 1 m

Lieferung inkl. Mignon-Batterien

### 14,8-W-LED-Fluter XLed Home 1

- Ersatz für Halogenstrahler bis 150 W
- Automatische Steuerung durch integrierten Bewegungsmelder: Erfassungsbereich 14 m/140°, mit Unter-kriechschutz, 180° horizontal und 90° vertikal schwenkbar
- Einschaltzeit: 8 s bis 35 min
- Dämmerungseinstellung von 2 bis 2000 Lux einstellbar
- Strahler mit 170 LEDs, 14,8 W, LED-Lebensdauer bis 50.000 h, Lichtfarbe Kaltweiß, 720 lm
- Strahler 180° horizontal und 120° vertikal schwenkbar
- Betrieb an 230 V
- Abm. (B x H x T): 175 x 210 x 180 mm



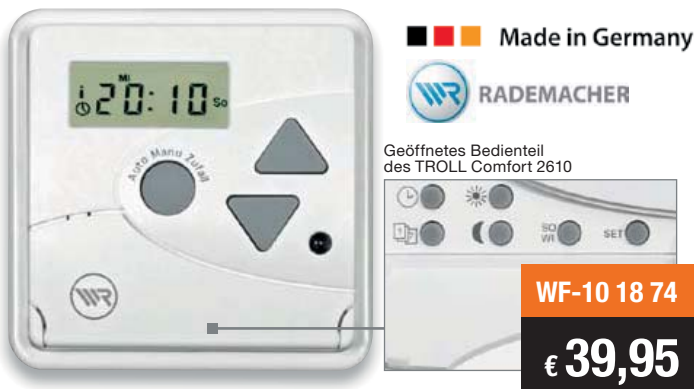
WF-09 65 83

€119,95

Über 1000 weitere Beleuchtungstechnik-Produkte für Ihre Projekte finden Sie auf: [www.beleuchtung.elv.de](http://www.beleuchtung.elv.de)



## Unterputz-Rollladensteuerung mit Zeitschaltuhr TROLL Comfort



Abm. (B x H x T): 70 x 70 x 17,8 mm

- Zufallssteuerung für Anwesenheitssimulation
- LC-Display für Zeit- und Funktionsanzeige
- Einfache Programmierung (Programmiertasten hinter Abdeckblende)
- Gruppen- und Zentralsteuerung möglich

Solange Vorrat reicht

## CO-Melder mit LC-Display



- LC-Display zeigt Kohlenmonoxid-Konzentration ab 30 ppm an
- 5 Jahre Hersteller-Garantie
- Automatischer Geräte-Selbsttest (End-of-Life-Anzeige)
- Geprüft und zertifiziert nach EN 50270:1999, EN 60335-1:1994, EN 50291:2010

## Universal-Thermostat UT 200

Universell einsetzbarer Elektronik-Thermostat mit digitaler Anzeige der Ein- und Ausschalttemperatur sowie der aktuellen Temperatur. Neben dem Einsatz als eigenständigem Gerät kann das UT 200 auch als Ersatz für defekte mechanische Thermostate dienen.

- Max. Schaltleistung: 3680 VA
- Temperaturbereich: -40 bis +99°C, Temperaturfühler mit 2 m Anschlussleitung
- Einstellbar in 0,1-°C-Schritten

Abm. (B x H x T): 55 x 134 x 40 mm



## Energiekosten-Messgerät Energy Master Basic



- Messbereich 0,1–4080 W
- Kosten- und Verbrauchsdaten-Prognose
- Erfasst auch Stand-by-Verbräuche
- Erfassung, Anzeige und Berechnung von: Netzspannung,

Strom, Leistungsfaktor, Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung, Energieverbrauch, Messzeit, Frequenz, Kilowattstunden, äquivalentem Kohlendioxidausstoß (kg CO<sub>2</sub>), Euro

Über 1500 weitere Haustechnik-Produkte für Ihre Projekte finden Sie auf: [www.haustechnik.elv.de](http://www.haustechnik.elv.de)

## Steuern Sie Ihr Haus mit präzisen Haussteuerungs-Systemen – die FS20-Anwesenheitssimulation kann Ihr Zuhause schützen

FS20 schaltet während Ihrer Abwesenheit nicht einfach nur das Licht an und aus. Es simuliert unterschiedliche Szenarien: Um 19:00 Uhr geht das Küchenlicht an, um 20:00 Uhr das im Flur, dann der Fernseher ... Sie können mit dem FS20 ZSU oder den Zentralen des FS20-Funkschaltsystems nicht nur das Licht, sondern auch alle anderen normalen Abläufe wie zum Beispiel die Rollladensteuerung simulieren.

### Funk-Timer FS20 ZSU



Ermöglicht das zeitgesteuerte Fernschalten der FS20-Empfänger.

WF-09 93 73 € 39,95

### Schaltsteckdose FS20 ST-3



Die universell einsetzbare mobile Schaltsteckdose mit Timer-Funktion.

WF-08 52 86 € 22,95

### Rollladenschalter FS20 RSU



Für die unauffällige Funksteuerung von Rollläden, Markisen und Jalousien.

WF-08 35 57 € 44,95



Bestell-Hotline: + 49 (0)491/6008-88

[www.elv.de](http://www.elv.de)

# Platino mit LabVIEW steuern (1)

Auch wenn sie von getrennten Welten zu stammen scheinen: Arduino und LabVIEW sind beides Programmierumgebungen für Entwickler, die sich nicht mit „richtiger“ Programmierung herumschlagen wollen. Beide eignen sich zur schnellen Entwicklung einer Anwendung, ohne dass man von komplexer Syntax oder schwierigen Prozeduren ausgebremst wird. Wir zeigen, wie man beide Entwicklungsumgebungen vereinen kann.

Von Clemens Valens

Auch wenn beide sehr erfolgreich sind, gibt es sonst wohl keine weiteren Gemeinsamkeiten mehr. LabVIEW (LV) ist eine so genannte grafische Programmiersprache - Arduino hingegen klassisch textbasiert. LV ist proprietär und kommerziell - Arduino hingegen frei und offen. LV wird intensiv von der dahinter stehenden Firma unterstützt - Arduino hingegen „lebt“ in einer Art Elektronik-Community. Vielleicht noch eine weitere Gemeinsamkeit besteht darin, dass beide in der Ausbildung, an Schulen und Universitäten weit verbreitet sind. Von daher ist es nicht sehr überraschend, dass National Instruments (NI) letztes Jahr ein LV-Interface für Arduino (LVIFA oder LIFA) vorgestellt hat. Dieses Interface erlaubt die Ansteuerung von Hardware durch LV bei recht geringen Kosten. Zwar war es auch schon bisher möglich, preiswerte Hardware mit LV zu steuern, doch über die dazu notwendigen tieferen LV-Kenntnisse verfügt eben nicht jeder. LIFA löst dieses Problem, indem ein einfaches serielles Protokoll zur Kommunikation mit externer Hardware implementiert wird. Und obwohl LIFA eigentlich für Arduino gedacht ist, gibt es keinen Grund, es nur dabei zu belassen. Jeder, der dieses Protokoll auf der Hardware seiner Wahl implementiert, kann dafür auch LIFA mit LV nutzen.

LIFA ist eine freie Open-Source-Library, die einige Arduino-Funktionen mitbringt. Analog- und Digital-I/O sind genauso vorhanden wie SPI- und I<sup>2</sup>C-Kommunikation. Mit integrierten Servo- und Schrittmotor-Funktionen bei Abtastraten bis 5 kHz scheint LIFA an Robotik orientiert. Während der Arbeit an diesem Artikel erschien übrigens ein Prerelease von LIFA 2.0.

Zwar hat sich NI bemüht, Arduino gut für LV-Anwender handhabbar zu machen, aber umgekehrt wird dadurch LV für Arduino-Anwender nicht automatisch einfacher. Für viele LIFA-Funktionen gibt es Beispiele, an denen man sich orientieren kann – nur das einfachste Beispiel fehlt: die blinkende LED. Auch wenn das mit LV-Erfahrung ein Kinderspiel ist, so wird der durchschnittliche Arduino-Anwender vom LV-Umfang zunächst erschlagen.

Dieser Beitrag zeigt, wie man mit LIFA und LV loslegt. Es wird dabei lediglich vorausgesetzt, dass man mit Arduino umgehen kann. Als erster Schritt wird die Hardware-Variante von „Hello World“, nämlich die blinkende LED, nachgeliefert. Anschließend geht es dann um die Modifikation bestehender Funktionen, gefolgt von der Erstellung eigener Funktionen. Zum Schluss wird demonstriert, wie man extra Hardware an Arduino anschließen und mit LV steuern kann.

Last not least zeigen wir noch, wie man Variablen drahtlos via Internet über ein iPad oder Android-Tablet von jedem Ort der Welt aus überwachen kann.

Als Hardware-Plattform dient Platino, da sie zu Arduino kompatibel, aber schon mit zusätzlicher Peripherie gesegnet ist. Die hier gezeigten Beispiele funktionieren daher auch mit normaler Arduino-Hardware und der entsprechenden Peripherie (Buzzer, LCD oder Dreh-Encoder).

## LIFA

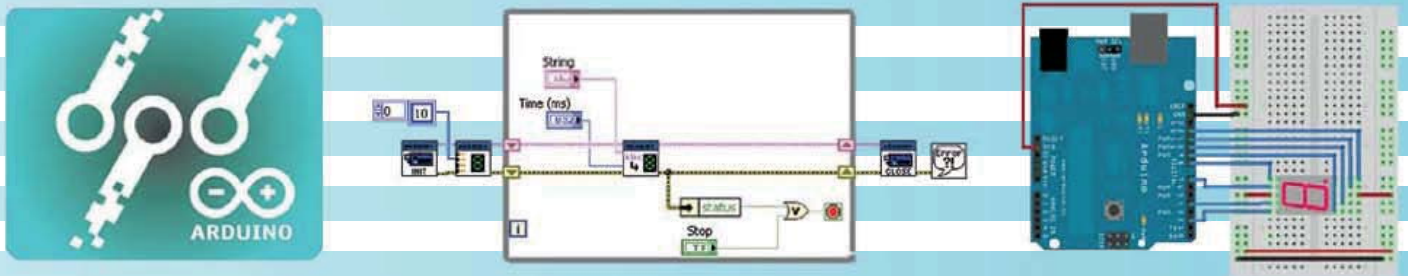
Um einen Punkt gleich klarzustellen: LIFA ≠ LabVIEW auf Arduino! LIFA = LabVIEW mit Arduino. Dieser Unterschied ist gewaltig – ihn zu kennen verhindert falsche Erwartungen. LIFA ist einfach die Verbindung zur Steuerung externer Hardware durch LV. LIFA besteht aus drei Teilen: eine auf einem Arduino-Board laufende virtuelle Maschine, ein serielles Kommunikations-Protokoll und eine LV-Library zur Steuerung des Boards. Mit LIFA erhält LV vermittelt durch Arduino Kontakt zur physikalischen Welt. Ohne LV macht LIFA also keinen Sinn? So ganz stimmt das nicht. Man kann das LIFA-Protokoll natürlich auch in anderen Umgebungen wie Visual Basic oder Qt implementieren. Wichtig zu wissen ist: Arduino dient als LIFA-Slave und wird daher ohne Aufforderung nichts machen.

Zur Verwendung von LIFA muss man zunächst LabVIEW installieren. Notwendig ist die Version LV 2009 oder neuer. Anschließend kommt NI-VISA (Virtual Instrument Software Architecture, wenn nicht schon installiert) an die Reihe. Mit Letzterem kann LV serielle Ports (und mehr) ansprechen. Zum Schluss kommt LIFA dran - beim Autor in der Version 2.1.0.69. Man benötigt Version 2 oder neuer für die Zusammenarbeit mit Arduino 1.0. Für diesen letzten Schritt empfiehlt sich der VI-Package-Manager. Die Dateien sind umfangreich und ihre Installation braucht Zeit.

Wenn die Installation nun beendet ist (es wird davon ausgegangen, dass man Arduino 1.0 schon selbst eingerichtet hat), muss man noch den LIFA-Sketch mit der virtuellen Maschine auf das Board laden. Man findet diesen Sketch im Unterordner „vi.lib\LabVIEW Interface for Arduino\Firmware\LVIFA\_Base\“. Man lädt die Datei „LVIFA\_Base.pde“ in der Arduino-IDE und überträgt sie auf das Board.

Falls der Controller des Boards nicht mindestens 32 KB an Flash-Speicher hat, wird es Probleme geben. Arduino Uno oder Mega passen, aber ältere Bords mit dem ATmega168 reichen hier nicht. Der Grund

# Eine Einführung in LIFA, das LabVIEW-Interface für Arduino



hierfür ist die im Sketch integrierte Schrittmotor-Library mit ihren 5 KB. Man kann diesen Teil aber deaktivieren, indem man die entsprechende Zeile in LabVIEWInterface.h auskommentiert.

Andere Schwierigkeiten können sich bei Nichtstandard-Arduino-Boards wie Platino mit einem ATmega164(P) auftun. Hier setzt es Compiler-Fehler, da der Schrittmotor-Treiber diesen Controller nicht unterstützt. Man umgeht die Probleme, indem man die CPP-Dateien umbenennt oder löscht. Ohne Schrittmotor-Unterstützung und die kompilierten CPP-Dateien schrumpft der LIFA-Sketch und passt nun auch in Controller mit 16 KB Flash.

Wenn der LIFA-Sketch endlich auf einem Arduino-Board läuft, möchte man natürlich auch sehen, ob und wie er arbeitet. Hierzu startet man LV, klickt auf „Find Examples“ im Hauptfenster, dann auf den Search-Tab, sucht nach Arduino und entdeckt, dass es kein Beispiel gibt, das mit externer Hardware läuft... Wie schon erwähnt: Das Blinkende-LED-Beispiel fehlt. Man muss es selbst machen;-)

## Virtuelle LED

Programmieren mit LV unterscheidet sich sehr von dem, was man von Arduino gewohnt ist. Dank des grafischen Prinzips von LV wird ein Programm gezeichnet statt geschrieben. Die Tipperei beschränkt sich auf Konstanten, Kommentare und die Dokumentation. Wo in der Arduino-Sprache ein Programm zum „Sketch“ wird, nennt es sich in der LV-Terminologie „VI“ (virtuelles Instrument, bedingt durch die Hauptanwendung Messen & Testen).

Funktionen werden durch Blöcke repräsentiert und virtuelle Leitungen symbolisieren Datenverbindungen. Anhand der Leitungsfarben kann man den zugehörigen Datentyp erkennen. LV verhält sich hier sehr strikt: Man kann nicht einfach Leitungen verschiedener Farben verbinden. Und wenn einem VI notwendige Eingangsdaten fehlen, dann startet es erst gar nicht.

Als LV-Anfänger startet man besser einfach und lässt zunächst einmal eine LED blinken. Netterweise gibt es in LV vordefinierte LEDs. Es kann also losgehen.

Im LV-Hauptfenster wählt man im Menü „Blank VI“. Zwei Fenster öffnen sich. Eines nennt sich „Block Diagram“ und das andere „Front Panel“. Der gezeichnete „Code“ kommt ins Block-Diagramm, die LED zeigt sich auf dem Front-Panel. Ein Rechtsklick irgendwo im Block-Diagramm lässt das Funktions-Menü aufpoppen. Ein Klick auf den nach unten zeigenden Pfeil expandiert es (**Bild 1**).

Um eine LED dauernd blinken zu lassen, kann man eine endlose While-Loop mit Verzögerung wählen. Die findet sich in der Palette

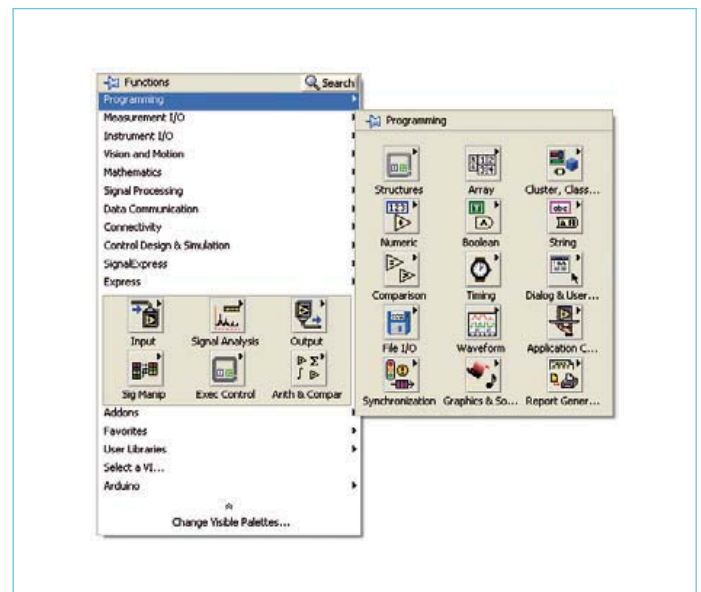


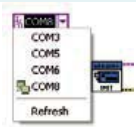
Bild 1. Das Funktionen-Kontext-Menü. Per Suche findet man auch selten benutzte und versteckte Funktionen.

## Der Rechtsklick

LV-Einsteiger tun sich häufig mit dem Auffinden der richtigen Funktionen recht schwer. Sie sind in einzelnen Paletten gruppiert, aber da es davon so viele gibt, geht leicht die Übersicht flöten. Von manchen weiß man ja nicht einmal, dass sie existieren! Aus diesem Dilemma gibt es einen tollen Ausweg: der Rechtsklick. Immer wenn sich vor dem geistigen Auge ein Fragezeichen auftut, lohnt sich ein Rechtsklick „auf was auch immer“. LV zeigt dann ein Kontext-Menü mit den sinnvollsten Optionen für diese Situation. Welche Funktion? Per Rechtsklick hat man die Paletten vor sich. Welcher Datentyp? Per Rechtsklick kann man eine passende Konstante etc. erzeugen. Das Gleiche gilt für Controls, Indicators oder erweiterte Editierfunktionen.



## Do not abort



Beim Entwickeln in LV muss man öfter ein laufendes VI mit dem roten Abort-Knopf abbrechen. Das ist normalerweise kein Problem, aber doch wenn man mit seriellen Schnittstellen etc. arbeitet.

Es ist nämlich wichtig, dass einmal geöffnete Schnittstellen auch wieder sauber geschlossen werden, ansonsten kann es schnell klemmen mit der Kommunikation. Gelegentlich hat man noch das Glück, dass der Fehler 5002 auftaucht, wenn sich nichts mehr tut. Das passiert dann, wenn das Arduino-Close-VI dank Abort nicht abgearbeitet wird. Das wird vor allem dann „lustig“, wenn man auch die Firmware des Boards ändern will, denn die verwendete serielle Schnittstelle ist dann immer noch von LV belegt.

In LV kann man sehen, ob so ein Port offen oder noch nicht geschlossen ist, indem in der Drop-Down-Liste ein kleines Icon vor dem COM-Port erscheint (siehe Screenshot). Man gibt die serielle Schnittstelle wieder frei, indem man entweder LV neu startet oder aber einen Weg findet, das zugehörige Close-VI zu starten. Besser ist es, das in Arbeit befindliche VI regulär zu beenden. Hier hilft z.B. ein eingebauter Stop-Taster.

Den Abort-Knopf vermeidet man besser.

„Programming -> Structures“. Auch in LV führt mehr als ein Weg zum Ziel: Man könnte auch eine „getimte“ Loop wählen, siehe Palette „Programming -> Structures -> Timed Structures“, doch wir wollen uns ja nicht gleich zu viel zumuten. Die Endlosigkeit erhält diese Schleife durch Setzen der „Loop Condition“ (das grüne Quadrat mit dem roten Punkt in der unteren rechten Ecke des Symbols) auf „false“. Man klickt hierzu mit der rechten Maustaste auf den Punkt und wählt mit dem Drop-Down-Menü den Eintrag „Create Constant“. Schon wird eine grüne Boolesche Konstante erzeugt, die auf F(false) geschaltet und mit der Stop-Condition verdrahtet ist. Die Schleife läuft jetzt endlos. Die gestrichelte grüne Leitung weist auf die Verbindung Boolescher Daten hin.

Aus der Palette „Programming -> Timing“ wählt man „Wait Until Next ms Multiple“, um den Ablauf der Schleife zu timen. Hierzu muss man das Metronom-Symbol in die Schleife legen. Ein Rechtsklick auf das Icon bringt ein Menü zum Vorschein, aus dem man mit „Create“ eine Konstante wählt (**Bild 2**, leicht variiert im Vergleich zum Setzen der Loop-Condition). Dieses Mal erscheint eine blaue numerische Konstante, die schon mit „0“ besetzt und mit dem Eingang verbunden ist. Eine Änderung (durch Doppelklick) auf beispielsweise 250 lässt die Schleife alle 250 ms einen Durchlauf machen. Nun zum schwierigeren Teil: Das Blinken der LED. Geeignet ist z.B. das blaue Loop-Iteration-Symbol in der linken unteren Ecke der Schleife. Der Wert seines Ausgangs wird bei jedem Schleifendurchlauf inkrementiert. Wenn man nun prüft, ob der Wert gerade oder ungerade ist, dann erhält man ein Toggle-Signal. Hierzu braucht man ja lediglich das niederwertigste Bit des Werts zu nehmen. Man erreicht dies durch ein logisches AND (aus der Palette „Programming -> Boolean“) mit einer weiteren Konstanten des Werts „1“. Zunächst verdrahtet man einen Eingang der AND-Funktion mit dem Ausgang des Loop-Iteration-Symbols. Das geht einfach, indem man mit der Maus so über die AND-Funktion fährt, dass sich der Mauszeiger in die an Fädelschleife erinnernde Spule verwandelt. Ein Klick auf den AND-Eingang und Ziehen auf den Loop-Iteration-Ausgang reicht. Dann erzeugt man für den zweiten Eingang der AND-Funktion eine passende numerische Konstante und besetzt sie mit „1“. Die Reihenfolge ist wichtig: Startet man mit der Konstante, befindet sich die AND-Funktion im Default-Modus und erzeugt eine Boolesche Konstante. Dann aber lässt sich der andere Eingang nicht mehr mit dem Ausgang der Loop-Iteration verbinden.

Die AND-Funktion liefert nun einen Integer-Wert an ihrem Ausgang. Bevor man diesen mit einer LED koppeln kann, muss man ihn erst in einen Booleschen Wert konvertieren. Das geht gut mit der Funktion „Greater?“ unter „Programming -> Comparison“. Wenn man dieses Symbol nahe genug an den AND-Ausgang platziert, wird LV diesen automatisch mit einem Eingang verbinden. Jetzt muss man

nur noch den anderen Eingang mit einer weiteren Konstanten des Werts „0“ verbinden.

Der Ausgang des Vergleichs ist nun vom Typ „Boolean“ und kann mit dem Eingang eines LED-Icons verbunden werden. Um so ein Icon zu generieren, genügt ein Rechtsklick auf das Symbol. Mit „Create -> Indicator“ erscheint dann sowohl im Front-Panel als auch im Block-Diagramm eine LED. Zwischen diesen beiden Ansichten kann man übrigens schnell mit der Tasten-Kombination Strg-E umschalten. Tata! Unser LV-Blink-LED-VI ist jetzt fertig (**Bild 3**). Ein Klick auf den Run-Knopf auf einer der beiden Ansichten lässt die LED mit 2 Hz blinken. Ein weiterer Klick auf den roten Abort-Knopf stoppt die Blinkerei (siehe Kasten „Der Rechtsklick“).

Wenn man mag, kann man nun alle Elemente im Diagramm hübsch anordnen und hat dann ein schönes VI. Diese Aufgabe kann man aber auch LV via „Clean Up Selection“ erledigen lassen, indem man den Eintrag im Edit-Menü wählt, den Knopf mit dem Besen betätigt oder Strg-U eingibt.

### Eine echte LED

Das Beispiel sollte eine Idee davon vermitteln, wie man unter LV programmiert. Weiter geht es mit richtiger Hardware. Jetzt soll eine Arduino-LED blinken. Die ausgewählte LED ist auf gut arduinisch mit dem digitalen Pin 13 verbunden, was Pin 5 von Port B (PB5) des Mikrocontrollers entspricht. Das Vorgehen in LV ist dem in einem Sketch sehr ähnlich. Man muss das Board und den seriellen Port auswählen sowie den digitalen Pin 13 als Ausgang setzen. Dann muss dieser in einer Schleife getoggelt werden. In LV gibt es noch einen extra Schritt, da am Ende die serielle Schnittstelle wieder geschlossen werden muss. In VI sieht das Ganze so aus:

### Arduino-Vorbereitung

Aus der Arduino-Palette wählt man das Init-Symbol (**Bild 4**) und platziert es auf der linken Seite der Schleife im Diagramm. Bewegt man die Maus über die Eingänge, erkennt man Default-Werte (in Klammern), außer bei „VISA resource“ und „error in“. Letzterer Wert kann offen bleiben – nicht aber der zuerst Genannte. Daher erzeugt man per Rechtsklick auf diesen Eingang eine Konstante. Man wählt hierzu aus dem Menü den seriellen Port aus, der mit dem Arduino-Board verbunden ist. Alle anderen Eingänge können die Default-Werte behalten, auch bei Verwendung eines Arduino Mega.

### Arduino-Setup

Aus der Palette „Arduino -> Low Level“ holt man sich das Symbol „Set Digital Pin Mode“ und platziert es zwischen Init und Schleife. Nun verbindet man die rosafarbenen Arduino-Resource-Pins beider Symbole und führt den Error-Ausgang von Init zum Error-Eingang von

Set Digital Pin Mode. Jetzt erzeugt man eine Konstante am Eingang von „Digital I/O Pin“ und setzt ihren Wert auf 13. Dann erzeugt man noch eine Konstante am „Pin Mode“-Eingang und setzt sie auf „Output“.

### Arduino-Schleife

Aus der Palette „Arduino -> Low Level“ holt man das Symbol „Digital Write Pin“ und legt es innerhalb der Schleife ab. Man verbindet seine Arduino-Resource- und Error-Eingänge mit den entsprechenden Ausgängen von „Set Digital Pin Mode“. Nun muss noch der „Digital I/O Pin“-Eingang mit der schon zuvor erzeugten Konstanten des Werts 13 verbunden werden. Der Value-Eingang erhält dann noch eine Verbindung zum Ausgang der AND-Funktion.

### LabVIEW-Extras

Aus der Palette „Arduino“ holt man sich das „Close“-Symbol und platziert es rechts von der Schleife. Seine Arduino-Resource- und Error-Eingänge erhalten eine Verbindung zu den passenden Ausgängen von Digital Write Pin in der Schleife. Dann erzeugt man mit einem Rechtsklick auf den Error-Ausgang einen „Simple Error Handler“. Nah genug dahinter platziert wird seine Verbindung automatisch von LV vorgenommen.

Zum Schluss noch ein Rechtsklick auf die Boolesche Konstante der Stop-Condition. Hier wählt man „Change to Control“ aus dem Kontext-Menü. Auf diese Weise hat man einen Schalter auf dem Front-Panel, mit dem man die Funktion stoppen kann, ohne das VI zu beenden (siehe Kasten „Do not abort“).

Das VI sollte nun etwa so aussehen wie in **Bild 5**. Wenn es viel chaotischer aussieht, lohnt sich ein Druck auf Strg-U. Dann kann man das VI sichern.

Wenn alles stimmt und das Board angeschlossen und eingeschaltet ist, sollte ein Klick auf Run die LED ebenfalls mit 2 Hz blinken lassen. Faktisch wird die reale LED nicht ganz so gleichmäßig wie die virtuelle blinken. Die Gründe hierfür stecken in Windows, USB etc. Doch die Frequenz sollte stimmen.

Wenn die echte im Gegensatz zur virtuellen LED nicht blinken will, ist vermutlich nicht der richtige serielle Port ausgewählt. In diesem Fall sollte beim Klick auf Stop der Fehler 5005 „Unable to find Arduino“ auftauchen. Man kann das nicht schon früher sehen, da der Fehler-Dialog am Ende der Kette liegt. Wenn man so ein Symbol in die Schleife legt und dort verbindet, sieht man den Fehler schon im Betrieb. Direkt nach Init sogar quasi sofort. Es können sich natürlich auch andere Fehlermeldungen zeigen.

Im zweiten Teil dieses Artikels geht es mehr in die Tiefe. Auch wenn man nach dessen Lektüre noch kein LV-Experte ist, kennt man sich doch ausreichend mit LIFA aus.

**Übrigens:** Eine Kontext-Hilfe erhält man mit Strg-H. LV gibt es lokalisiert in vielen Sprachen. Gerade aber in Entwicklungsabteilungen wird auf traditioneller englischer Terminologie beharrt, weswegen die Bilder mit einem englischen LV erstellt wurden.



Bild 2. Ein typisches Kontext-Menü, das bei einem Rechtsklick auf einen Ein- oder Ausgang erscheint.

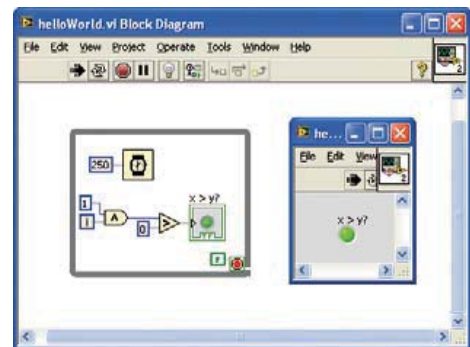


Bild 3. Mein erstes VI oder wie ich eine virtuelle LED in LabVIEW blinken ließ. Der kleinere Ausschnitt mit dem grauen Hintergrund im Front-Panel enthält die blinkende LED.



Bild 4. Die Arduino-Funktions-Palette im Block-Diagramm. Die erhabenen Quadrate mit dem schwarzen Dreieck rechts oben führen zu Sub-Paletten und zu Beispielen.

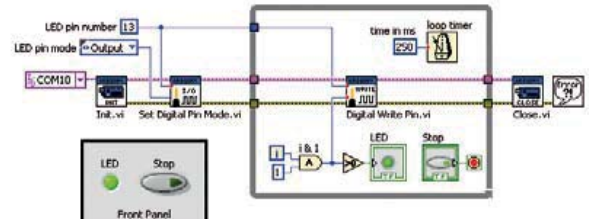


Bild 5. Das LED-VI von Bild 3 wurde hier so erweitert, dass eine echte LED auf einem Arduino-Board blinkt. Der Stop-Knopf ermöglicht das saubere Beenden.

(120208)

# Zurück zu den Wurzeln (5)

## Stabile Spannung

Nachdem wir in der letzten Folge des Grundlagenkurses für konstanten Strom gesorgt haben, geht es diesmal um möglichst stabile Spannungen. Natürlich kann man hier zu einem integrierten Spannungsregler greifen – doch es gibt noch viele weitere interessante Lösungen, die meist nur mit wenigen (diskreten) Bauteilen auskommen.

Von Burkhard Kainka (D)

Wer aufmerksam die vielen Schaltungen in Elektor studiert, stößt immer wieder auf das Thema Spannungsstabilisierung. Manche Geräte werden mit Batterien versorgt, deren Spannung sich in einem weiten Bereich bewegen kann. Oft setzt man dann einen Spannungsregler ein, der eine kleinere, stabile Spannung von z.B. 5 V für digitale Elektronik oder einen Mikrocontroller zur Verfügung stellt.

### Dioden-Stabilisierung

In der Praxis ist die Spannungsstabilisierung kein schwieriges Thema, denn es gibt ja so wunderbare Spannungsregler wie den 7805. Auf der einen Seite schließt man irgendwas zwischen 7 V und 30 V an, auf der anderen Seite kommen genau 5 V raus. Aber in diesem IC stecken sehr viele Bauteile. Mit einzelnen Halbleitern geht es auch! Das Zauberwort heißt Zenerdiode, und genau eine solche ist auch im 7805 enthalten, zusammen mit vielen Transistoren. Eine Zenerdiode ist eine Diode, bei welcher der erste Durchbruch bei einer definierten Sperrspannung einsetzt. Man kann z.B. eine Zenerdiode für 6,8 V kaufen, wenn man auf diese Spannung stabilisieren möchte. **Bild 1** zeigt die entsprechende Grundschialtung. Warum das funktioniert, zeigt die Kennlinie einer typischen Zenerdiode (**Bild 2**). Ab einer bestimmten Sperrspannung  $U_Z$  kommt es zum ersten Durchbruch, also zu einem steilen Anstieg des Sperrstroms. Umgekehrt führt das zu einer Stabilisierung der Sperrspannung. Aber nur, wenn man es mit dem Sperrstrom nicht übertreibt. Der zweite Durchbruch ist bei Zenerdioden ein oft beobachteter Fehler. Wenn die Zenerdiode nämlich zu heiß wird, bildet sie einen Kurzschluss und stabilisiert von da an mehr oder weniger auf die Spannung Null.

Der Name „Zenerdiode“ ist eigentlich nicht ganz präzise, der Elektroniker spricht daher meist von Z-Dioden. Für den Durchbruch bei Spannungen zwischen 3 V und 200 V sind nämlich zwei verschiedene Prinzipien verantwortlich, nicht nur der namensgebende „Zenereffekt“. Dieser überwiegt bei Spannungen unter 5,6 V und besitzt einen negativen Temperaturkoeffizienten (die Zenerspannung sinkt um bis zu 0,1 % pro Grad). Oberhalb von 5,6 V überwiegt der Avalanche-Effekt (Lawineneffekt) mit einem positiven Temperaturkoeffizienten. Eine Zenerdiode für 5,1 V besitzt den geringsten Temperaturkoeffizienten. Zenerdioden um 7,5 V haben dagegen die steilste Kennlinie und damit den kleinsten differentiellen Innenwiderstand. Sie bieten also die beste Spannungsstabilisierung bei schwankendem Zenerstrom.

### Schnelle Lösung

Manchmal braucht man einfach nur eine einigermaßen stabile Spannung im Bereich 2 V bis 3 V und relativ wenig Strom. Zum Beispiel könnten in einer einfachen Radioschialtung die HF-Vorstufen mit einer geringen Spannung arbeiten, während der Endverstärker

an einer 9-V-Batterie liegt. Dann kann man auch eine LED in Durchlassrichtung zur Stabilisierung einsetzen (**Bild 3**).

Die Basis-Emitter-Diode eines ganz normalen NPN-Transistors verhält sich genau wie eine Zenerdiode. Die Zenerspannung liegt meist irgendwo im Bereich von 7 V bis 12 V. Für einen BC547B kommt man auf etwa 9 V, also in den günstigen Bereich mit sehr geringem Innenwiderstand. Der Transistor ist damit sogar eine sehr gute Zenerdiode, wenn man einmal davon absieht, dass die genaue Zenerspannung nicht bekannt ist. Die Datenblätter der Hersteller sagen nichts darüber, außer dass die Basis-Emitter-Diode bei -5 V noch sauber sperrt. Der erste Durchbruch der BE-Diode ist also ein Nebeneffekt den man sinnvoll nutzen kann. Wenn mal eine Zenerdiode fehlt, kann vielleicht ein Transistor aushelfen (**Bild 4**). Messen Sie einfach mal ein paar Transistoren durch und stellen Sie die Zenerspannungen fest. Und übrigens, da gibt es noch so einen wenig beachteten Nebeneffekt: Die Zenerdiode des NPN-Transistors emittiert gelbliches Licht! Wenn Sie diesen Versuch mit einem Transistor (z.B. BC140) im Metallgehäuse (z.B. TO5) durchführen, zuvor das

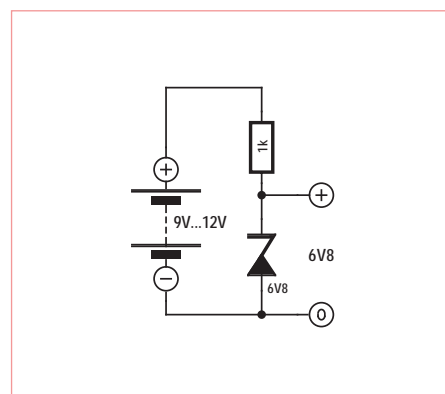


Bild 1. Zener-Stabilisierung.

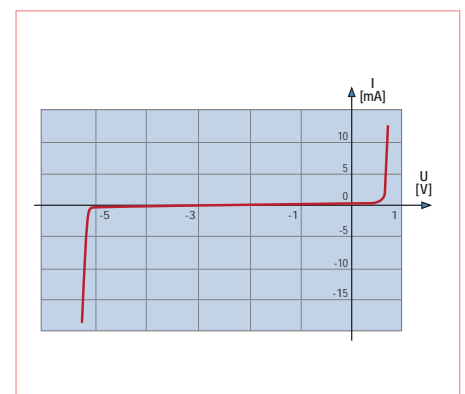


Bild 2. Kennlinie einer Zenerdiode.

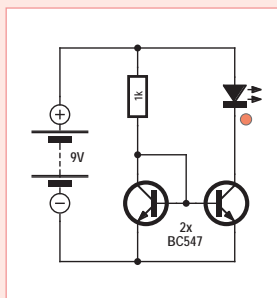


## Der Stromspiegel

Diese Schaltung zeigt einen so genannten Stromspiegel, das ist ein entfernter Verwandter der Konstantstromquelle. Der (konstante) Strom durch den 1-k $\Omega$ -Widerstand spiegelt sich in den beiden Transistoren und erscheint in fast gleicher Größe wieder als Kollektorstrom des rechten Transistors. Da beim linken Transistor Basis und Kollektor zusammengeschaltet sind, stellt sich automatisch eine Basis-Emitter-Spannung ein, die zum vorgegebenen Kollektorstrom führt. Theoretisch sollte nun der zweite

Transistor mit genau den gleichen Daten und bei der gleichen Basis-Emitter-Spannung auch genau den gleichen Kollektorstrom zeigen. In der Praxis ergeben sich meist jedoch kleine Unterschiede.

Die Voraussetzung genau gleicher Transistordaten ist in der Praxis nur schwer zu erfüllen. Die Schaltung wird vor allem in ICs einge-



Sie die Helligkeit etwas vergrößern oder verkleinern. Die Temperaturabhängigkeit des Stromspiegels ist eigentlich ein Manko dieser Schaltung. Aber sowas kommt in der Elektronik ja öfter vor: Ein unerwünschter Schmutzeffekt wird in einem anderen Zusammenhang zu einem erwünschten Nutzeffekt.

Gehäuse geöffnet haben und in absoluter Dunkelheit arbeiten, dann können Sie es sehen. Es lebe die Silizium-LED!

### Wirkungsgrad

Die Spannungsstabilisierung mit einer Zenerdiode ist zwar sehr einfach, hat aber auch Nachteile. Insbesondere wird hier einiges an Energie verschwendet. Der Vorwiderstand muss nämlich für die kleinste Eingangsspannung und den größten Ausgangsstrom ausgelegt werden. Wenn die Schaltung in Bild 4 z.B. maximal 2 mA liefern soll, ist die Ausgangsleistung nur 18 mW. Bei der kleinsten Eingangsspannung von 12 V liegen 3 V am Vorwiderstand. Damit fließen 1 mA durch die „Zenerdiode“ und 2 mA durch den Verbraucher. Weniger als 1 mA durch die Zenerdiode wäre ganz ungünstig, denn dann befindet sie sich noch im „Knick“ der Kennlinie mit einem erhöhten Innenwiderstand und schlechter Stabilisierung. Schon in diesem Fall wird aber ein Drittel des Eingangs-

stroms für die Zenerdiode „verschwendet“. Bei hohen Anforderungen sollte sogar mindestens ein Zenerstrom von 5 mA als untere Grenze eingehalten werden.

Wenn die Eingangsspannung bis auf 24 V ansteigt, kommt es noch schlimmer. Der Spannungsabfall am Vorwiderstand ist dann 15 V, es fließt ein Strom von 15 mA. Die aufgenommene Gesamtleistung ist damit 360 mW. Verglichen mit der Nutzleistung von 18 mW ergibt sich damit ein erschütternder Wirkungsgrad von nur noch 5 %. In Zeiten der Energiekrise ist das kaum noch tolerierbar. Aber da gibt es natürlich eine Lösung!

### Längsregler

Der Wirkungsgrad lässt sich erheblich verbessern, wenn man der Zenerdiode einen Transistor in „Kollektorschaltung“ nachschaltet, bei welcher der Kollektor direkt am Pluspol der Spannungsversorgung liegt

(Bild 5). Eine solche Schaltung wird auch Emitterfolger genannt, da die Spannung am Emitter stets der Basisspannung (in einem Abstand von 0,6 V) folgt. In unserem Fall liegt sie also bei 6,2 V – 0,6 V = 5,6 V.

In diesem Fall muss der Zener-Schaltungsteil nur den geringen Basisstrom aufbringen. In weiten Grenzen ist daher der Eingangsstrom kaum größer als der Ausgangsstrom der Schaltung. Die wesentlichen Verluste treten im Längstransistor auf und hängen nur vom Ausgangsstrom und von der Differenz zwischen Eingangsspannung und Ausgangsspannung ab.

Eine kleine Änderung, und schon wird aus der Schaltung ein einstellbarer Spannungsregler. Ein Poti dient als Spannungsteiler für die stabilisierte Hilfsspannung (Bild 6). Die Ausgangsspannung ist dann jeweils um etwa 0,6 V geringer als die Spannung am Schleifer des Potis. Für eine ausreichende Stabilität auch bei schwankendem Aus-

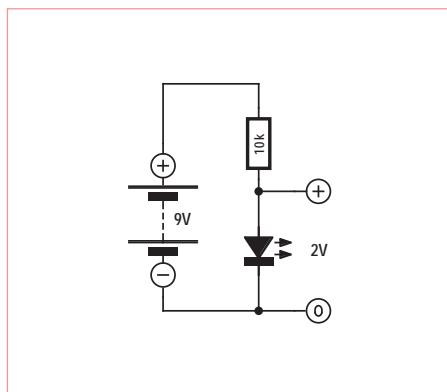


Bild 3. Stabilisierung mit einer LED.

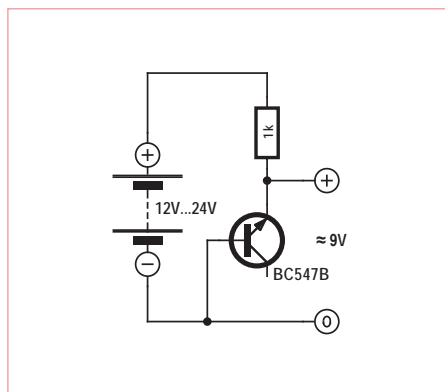


Bild 4. Ein NPN-Transistor als Zenerdiode.

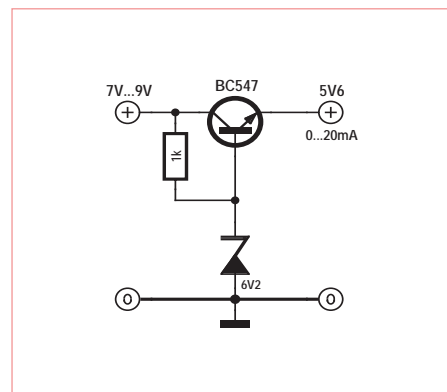


Bild 5. Ein Transistor als Längsregler.

## Spannungsmonitor

Manche Schaltungen verlangen nach einer Betriebsspannung von 5 V und tolerieren gerade noch Abweichungen von +/-10%. Da ist es ganz praktisch, wenn die reale Spannung überwacht wird. Unser Mikrocontroller soll die Spannung messen und entsprechende Meldungen ausgeben. Wenn die Spannung passt (4,75 V bis 5,25 V), soll eine grüne LED leuchten. Wenn sie zu klein ist eine rote und bei zu großer Spannung eine gelbe. Der Mikrocontroller wird selbst über die überwachte Spannung betrieben. Er vergleicht sie mit seiner internen Referenzspannung von 1,1 V.

Der Quelltext *Tiny13\_V-V\_monitor.bas* kann unter [www.elektor.de/120005](http://www.elektor.de/120005) heruntergeladen werden.

```
'Voltage Monitor
$regfile = "attiny13.dat"
$crystal = 1200000
$hwstack = 8
$swstack = 4
$framesize = 4

Dim U As Word

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal
Start Adc
Ddrb = &H07          'B0/1/2 outputs

Do
  U = Getadc(3)        '0..6.1V

  If U < 797 Then      '4.75 V
    Portb = &H04       'red
  Else
    If U > 880 Then    '5.25 V
      Portb = &H01     'yellow
    Else
      Portb = &H02     'green
    End If
  End If
  Waitms 1000
Loop

End
```

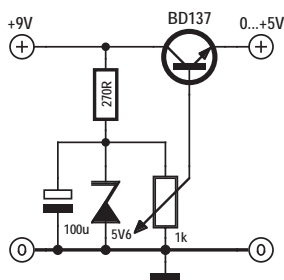
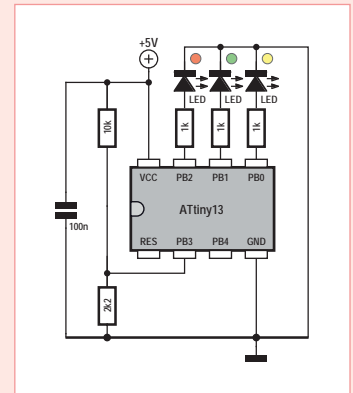


Bild 6. Ein einstellbarer Spannungsregler.

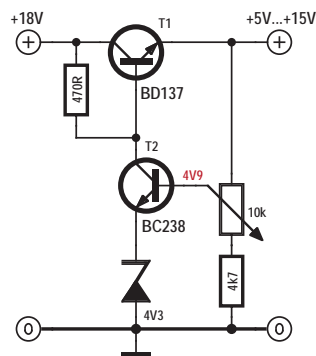


Bild 7. Ein verbesserter einstellbarer Spannungsregler.

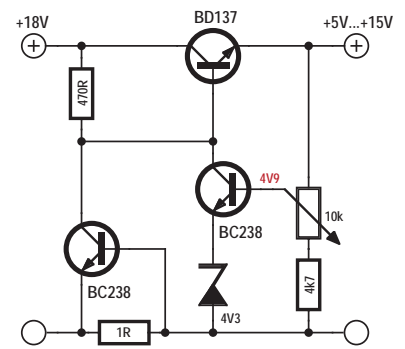


Bild 8. Eine zusätzliche Strombegrenzung.

gangsstrom muss der Strom durch das Poti größer sein als der maximale Basisstrom.

Eine noch bessere Stabilisierung erzielt man mit einer aktiven Nachführung der Ausgangsspannung, siehe **Bild 7**. Ein einstellbarer Teil der Ausgangsspannung wird mit der Spannung an einer Zenerdiode verglichen. Die Differenz dient als Regelinformation und steuert über T2 die Basisspannung des Längstransistors T1. In dieser Schaltung kann man eine Ausgangsspannung erreichen, die deutlich höher als die Zenerspannung ist, und mithin nahe an die Eingangsspannung heranreicht. Die Schaltung realisiert ein typisches Netzteil bis 1 A. Die tatsächliche Belastbarkeit hängt von der Kühlung des Leistungstransistors BD137 ab.

Für ein vollwertiges Netzteil fehlt jetzt nur noch eine Strombegrenzung. In den Minuszweig wird dazu ein kleiner Widerstand eingefügt, dessen Spannungsabfall proportional zum Ausgangsstrom ist (**Bild 8**). Ein zusätzlicher Transistor beginnt zu leiten, sobald der Spannungsabfall etwa 0,6 V überschreitet. Er regelt die Basisspannung des Längstransistors herab. Ein Stromsensor-Widerstand von 1  $\Omega$  führt dazu, dass auch im Kurzschlussfall kein Strom über 0,6 A fließen kann. Dabei wird allerdings besonders viel Wärme im Längstristor verbraten. Ohne einen großen Kühlkörper geht es nicht!

### Integrierte Spannungsregler

Gut, dass es preiswerte integrierte Spannungsregler für alle üblichen Ausgangs-

spannungen gibt. Ein 7805 liefert bis zu 1 A bei 5 V. Bei so großen Strömen muss allerdings ein Kühlkörper verwendet werden. Oft geht es um sehr viel kleinere Ströme. Dann reicht der 78L05, der bis zu 100 mA verkraftet. Achtung, bei diesem Typ sind die Anschlüsse anders als beim größeren Bruder! Die Regler benötigen zwei Kondensatoren am Eingang und Ausgang, ohne die es zu starken Regelschwingungen von einigen hundert Kilohertz kommen könnte (**Bild 9**).

Die Spannungsregler-ICs enthalten eigentlich alles, was in dieser Folge des Grundlagenkurses mit Einzelhalbleitern aufgebaut wurde. Wenn man sich die Innenschaltung in **Bild 10** ansieht, erkennt man vieles wieder. Da ist z.B. die Zenerdiode mit ihrem

Anzeige

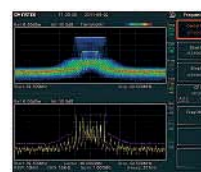
## Reveal the Time Secret of Frequency Footprint



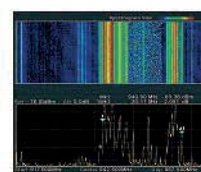
### GSP-930 3GHz Spectrum Analyzer

- High Frequency Stability: 25ppb (0.025ppm)
- RBW: 10Hz~10kHz in 1-3 Steps, 10kHz~1MHz in 10% Adjustable Steps
- Built-in Measurement Functions: Channel Power, N-dB Bandwidth, OCBW, ACPR, SEM, TOI, CNR, CTB, CSO
- Built-in Spectrogram and Topographic Display Modes
- 1Hz Resolution Marker Counter & AM/FM Demodulation and Analysis
- 886MHz IF Output for User's Extended Applications
- Various Interface: USB Host/Device, RS-232C, LXI, Micro SD, GPIB(Opt.), DVI-I (SVGA) Output
- Optional 6GHz RF Power Sensor, Tracking Generator, Battery Pack

#### Topographic Mode



#### Spectrogram Mode

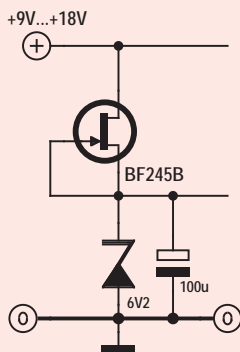


Good Will Instrument Co., Ltd.  
[www.gwinstek.com](http://www.gwinstek.com)

**GW INSTEK**  
Simply Reliable



Die folgende Stabilisierungsschaltung für etwa 6,2 V verwendet statt eines Vorwiderstands einen JFET BF245B. Der JFET wird als einfache Konstantstromquelle eingesetzt und verbessert die Stabilisierung der Spannung bei schwankender Eingangsspannung. Die Schaltung ist für einen Eingangsspannungsbereich von 9 V bis 18 V vorgesehen.



**1) Welcher maximale Strom kann am Ausgang entnommen werden?**

- A) knapp 10 mA
- B) bis 100 mA
- C) weniger als 1 mA

**2) Vergleichen Sie den Wirkungsgrad bei großer Eingangsspannung gegenüber einer Zenerdiodenschaltung mit Vorwiderstand.**

- D) Der Wirkungsgrad wird durch den JFET besser.
- E) Der Wirkungsgrad wird durch den JFET schlechter.
- F) Der Wirkungsgrad ist gleich.

**3. Welchen Sinn hat der Elko in der Schaltung?**

- G) Der Elko verbessert den Wirkungsgrad.
- H) Der Elko verringert den Innenwiderstand bei höheren Frequenzen.
- I) Der Elko soll die Spannungsversorgung nach einem Stromausfall für einige Minuten aufrechterhalten.

Wer uns die richtige Lösung zusendet, kann ein „Minty Geek Electronic 101 Kit“ gewinnen!

Senden Sie dazu den Lösungscode (ergibt sich durch Aneinanderreihung der Buchstaben der drei richtigen Antworten) per E-Mail an: [basics@elektor.com](mailto:basics@elektor.com).

Als Betreff der E-Mail bitte nur den Lösungscode angeben.

Einsendeschluss ist der 31. Mai 2012.

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

**Der richtige Lösungscode aus dem Märzheft lautet „BDI“.**

Hier die Erklärung:

1. Am Kollektorwiderstand liegen  $5\text{ V} - 2,8\text{ V} = 2,2\text{ V}$ . Der Kollektorstrom ist also 1 mA ( $I_B$  vernachlässigt). Die Basis-Emitter-Spannung ist rund 0,6 V. Am Basiswiderstand liegt damit  $2,8\text{ V} - 0,6\text{ V} = 2,2\text{ V}$ . Der Basisstrom ist also  $2,2\text{ V} / 470\text{ k}\Omega = 4,68\text{ }\mu\text{A}$ . Für die Stromverstärkung gilt dann  $V = I_C / I_B = 1\text{ mA} / 0,00468\text{ mA} = 213,7$ . Antwort B) war korrekt.
2. Ohne Basisstrom (Antwort E) müsste man  $U_{CE} = 5\text{ V}$  messen. Mit einem sehr kleinen Basiswiderstand (F) sollte sich eine Spannung um 0,6 V einstellen. Aber wirklich 0 V findet man bei einem intakten Transistor in dieser Schaltung nie. Der Transistor hat also einen inneren Kurzschluss zwischen Emitter und Kollektor. Sowas kann passieren, wenn der Transistor überlastet wurde (zweiter Durchbruch!).
3. Die (falschen) Lösungen G) und H) legen nahe, dass überhaupt kein Strom durch den Kollektorwiderstand fließt. Wenn aber Emitter und Kollektor vertauscht wurden, bleibt die Funktion des Transistors mit sehr viel geringerer Stromverstärkung (zwischen 3-fach und 20-fach) erhalten. Für  $U_{CE} = 4,9\text{ V}$  kann man einen Stromverstärkungsfaktor von ca. 5 berechnen. Also war der Transistor wohl verdreht eingebaut.

Vorwiderstand. Die eigentliche Regelschaltung ist etwas komplizierter; sie enthält einen Differenzverstärker und einen so genannten Stromspiegel (siehe Kasten).

Der Längstransistor ist eigentlich ein Darlingtontransistor aus Q11 und Q12, wobei die wesentliche Verlustwärme allein in Q12 auftritt. Und für die Strombegrenzung ist Q10 verantwortlich, der im Falle des Falles der Darlingtonschaltung Q11/Q12 den Basisstrom abwürgt. Der Stromsensorwiderstand von  $3\text{ }\Omega$  lässt eine Abschaltung bei 200 mA erwarten. Außer das IC ist bereits sehr heiß, dann reichen schon weniger als 0,6 V an der Basis von Q10. Der Regler schützt sich selbst gegen zu viel Strom und zu hohe Temperaturen, wobei sich eine Temperaturschutzschaltung im Bereich Q7/Q8/Q9 verbirgt.

(120005)

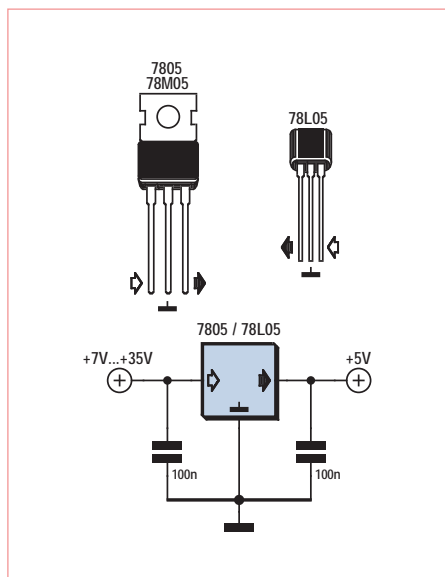


Bild 9. Anschluss eines 780X-Spannungsreglers mit Bypass-Kondensatoren.

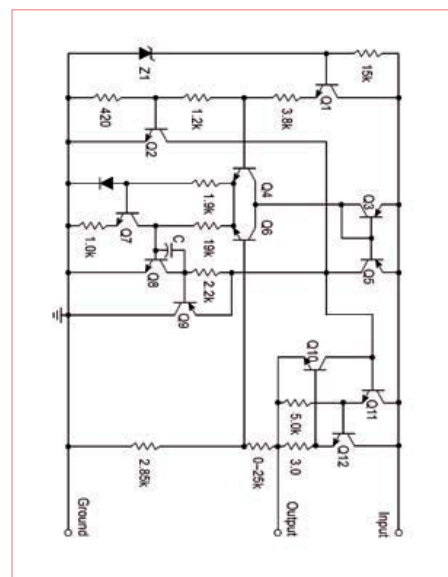


Bild 10. Innenaufbau des 78Lxx (Quelle: Motorola).

 <p>Entwicklung industrietauglicher Software und Hardware sowie Elektronik</p> <p>03303/212166 oder <a href="http://www.jasys.de">www.jasys.de</a></p>	 <p>Gravuren / Schilder / Frontblenden</p> <p><a href="http://www.webgrav.de">www.webgrav.de</a></p>	 <p>LCDs und mehr</p> <p><a href="http://www.lcd-store.de">www.lcd-store.de</a>  <a href="http://www.LC-Design.de">www.LC-Design.de</a>  <a href="http://www.crystalfontz.de">www.crystalfontz.de</a></p>	<p>Leiterplatten für Pragmatiker!</p>  <p><a href="http://www.pcb-joker.com">www.pcb-joker.com</a></p>
<p><b>Alles Spule!</b></p> <p>Wir <b>liefern</b> und <b>fertigen</b>:          Drähte, HF-Litzen, Ferrit- und Eisenpulverkerne, Spulenkörper, Isoliermaterial, Klebebänder, Tränklacke, Übertrager, RFID-Spulen, Sensor- und Aktorspulen, Prototypen, Kleinserien, Serien, Ersatzteile und vieles mehr.</p> <p><b>MM Menting Mikroelektronik</b>  <a href="http://www.spulen.com">www.spulen.com</a></p>	<p><b>Auch Ihr Unternehmen ist eine Anzeige wert!</b></p>	<p><b>LOETRONIC</b>          Embedded MP3 Module  <a href="http://www.loetronic.com">www.loetronic.com</a></p>	<p><a href="http://www.anttronic.de">www.anttronic.de</a></p> <p>ab 1 Stck. <b>ANT TRONIC</b>          Leiterplatten zu TOP-Preisen!!</p>
<p><b>HEXWAX LTD</b> <a href="http://www.hexwax.com">www.hexwax.com</a></p> <p>Treiberunabhängige USB-ICs von einem der Weltmarktführer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> </ul>	<p><b>Bausätze zu ELEKTOR 1986 bis heute!</b></p> <p>Teilesätze, Platinen, programmierte Controller sowie Cds zu fast allen Elektor-Projekten vom Spezialist. Alle Elektor-Artikel zum Verlagspreis.</p> <p>Ihr zuverlässiger Partner für aktive und passive elektronische Bauteile und Komponenten:</p> <p><b>Geist Electronic-Versand GmbH</b>          Tel.: 07720/36673          Fax: 07720/36905          Mail: <a href="mailto:info@geist-electronic.de">info@geist-electronic.de</a>          Shop: <a href="http://www.geist-electronic.de">www.geist-electronic.de</a></p>	<p><b>SCOPES und mehr</b></p> <p><b>HAMEG® Instruments</b>          A Rohde &amp; Schwarz Company</p> <p><b>MESSTECHNIK</b>          zum fairen Preis</p>	<p>Kleinrechner mit FPGA</p> <p><a href="http://www.bomerezprojekt.de">www.bomerezprojekt.de</a></p>
<p>Günstige Platinen clever bestellen!</p>  <p><a href="http://www.pcb-joker.com">www.pcb-joker.com</a></p>	<p><b>NienTech</b></p> <p>SCHNITTSTELLENWANDLER von</p> <p>WLAN LAN USB</p> <p>nach</p> <p>RS485 RS422 RS232 TTY</p> <p>über virtuellen COM-Port ansprechbar</p> <p><a href="http://www.NienTech.de">www.NienTech.de</a></p>	<p><b>USB-ISOLATOR</b></p>  <p>Kristallklarer Sound          Störfreie Messungen          Sicherheit &amp; Schutz          Galvanische Trennung</p> <p>Art.Nr. C028149</p> <p><b>CESYS</b>  <a href="http://www.cesys.com">www.cesys.com</a></p>	<p>Ausgabe:          Juli/August 2012</p> <p>Anzeigenschluss:          22. Mai 2012</p> <p>Erscheinungstermin:          20. Juni 2012</p>

# www.elektor.de

	<p><b>PCBs Muuuuch Cheaper...</b></p> <p><b>No-frills policy</b></p>	<p><b>17.22 EURO*</b></p> <p>5 pcbs, 100 mm x 100 mm          *per piece, incl. VAT (23%)          + shipping costs e. g. Germany 10.89 EURO</p>	 <p><a href="http://www.jackaltac.com">www.jackaltac.com</a></p>
--	--	--	---

# RL78: Low-Power-Mikrocontroller

## MCU-Familie mit geringem Strombedarf

Nach der Übernahme von NEC durch Renesas beinhaltet das große Produktprogramm nun auch noch die 78K-Familie an 8- und 16-bit Mikrocontrollern. Und kurz darauf wurde dann die neue Familie RL78 angekündigt, die speziell auf Low-Power-Anwendungen abzielt. Hier ein Überblick.

Von Clemens Valens (Elektor UK/US)

Der Markt an Low-Power-Mikrocontrollern mit 8 und 16 bit ist hart umkämpft, da viele Hersteller mit dem „niedrigsten Energieverbrauch überhaupt“ für ihre Produkte werben. In einem YouTube-Video [1] rühmt TI ihre MSP430-Familie, die nur 160  $\mu\text{A}/\text{MIPS}$  benötigt. In der Application Note AN1267 [2] spricht Microchip von nur 110  $\mu\text{A}$  @ 1 MHz für den PIC16LF72X. Renesas kontert das auf der eigenen Webseite [3] mit 70  $\mu\text{A}$  @ 1 MHz im „Normalbetrieb“ für die RL78-Controller. Dass sich diese Zahlen nicht so einfach objektivieren lassen, macht ihren Vergleich nicht gerade einfach. Aber vielleicht muss man das auch gar nicht, denn mit etwas Erfahrung beim Thema „Low Power“ weiß man, dass man ohne optimales Hardware- und Software-Design niemals in die Nähe von beworbenen 20 Jahren Batterielebensdauer kommt, ganz egal, wie niedrig die Ströme des Controllers im Betrieb, Sleep oder Standby spezifiziert sind. In diesem Artikel geht es um eine Betrachtung der schnell wachsenden RL78-Reihe und darum, was Renesas für das erfolgreiche Design von Low-Power-Lösungen anzubieten hat.

### Die RL78-Familie

Die RL78-Familie an 16-bit-Controllern gliedert sich in einen generischen und einen applikationsspezifischen Zweig. Eine dritte „Display“-Linie wird demnächst erscheinen. Der generische Zweig umfasst die Subfamilien G12, G13 und G1A (basierend auf dem 78K-Core) sowie G14 mit ihrem R8C-Core.



Die Subfamilien 1A und F12 sind applikationsspezifisch. Welche Kerne hier verbaut sind, das war zur Zeit der Artikel-Recherche noch nicht veröffentlicht. Doch da es hier um den neuen RL78-Core gehen soll, wird hauptsächlich der G13-Controller beschrieben, für den mir auch ein nettes Evaluations-Board (siehe **Kasten**) zur Verfügung steht.

### RL78/G13

Diese Familie umfasst eine erstaunliche Anzahl an Versionen (nach meiner Zählung 182) mit Chips von 20 bis 128 Pins. Die Varianten sind in der Bezeichnung R5F10xxx codiert. Unabhängig vom Gehäuse unterscheiden sich sowohl Flash-Speicher (Programm und Daten) als auch RAM. Die Spanne reicht beim Flash-Speicher von 16 bis 512 KB für das Programm, während für die Daten 0, 4 oder 8 KB vorgesehen sind. RAM gibt es von 2 bis 32 KB.

Die Chip-Architektur ist in **Bild 1** zu finden. Die CPU ist zwar 16-bit-, aber der interne Speicher 8-bit-orientiert. Die 32 Vielzweck-

Register sind in 4 x 8 organisiert und man kann sie als 8-bit- oder als 16-bit-Register verwenden. Die SFRs (Special Function Registers) sind memory-mapped und steuern integrierte Peripherie, die so abhängig vom Register auf Bit-, Byte- oder Word-Ebene angesprochen werden kann. Zusätzliche „extended“ oder „2nd“ SFRs benötigen zum Zugriff längere Instruktionen.

Wenn man den letzten Rest an Leistung herausquetschen will: Die CPU enthält einen „short addressing mode“, mit dem man ganze 256-Byte-Pages mit einem Minimum an Code ansprechen kann.

Laut dem fast 1.100 Seiten umfassenden Hardware-Manual kann so ein Chip mit 32 MHz betrieben werden oder auch sehr stromsparend mit nur 32.768 Hz.

Weiter verfügt der RL78-Core über 15 meist 8 bit breite I/O-Ports. Port 13 hat nur 2 bit und die Ports 10 sowie 15 sind nur 7 bit breit. Wie viele und welche Pins tatsächlich verfügbar sind, das hängt vom konkreten Chip ab. Eingänge und Ausgänge sind hoch konfigurierbar. Eingänge können analoge, CMOS- oder TTL-Eigenschaften haben. Ausgänge kann man als CMOS oder N-Kanal-Open-Drain einstellen. Pull-up-Widerstände sind ebenfalls verfügbar. Die konkreten Konfigurationsmöglichkeiten hängen natürlich vom konkreten Pin ab und können im Datenblatt nachgeschlagen werden. Aufgrund der vielen Konfigurationsmöglichkeiten kann man diese Chips auch in Schaltungen mit unterschiedlichen Spannungen ohne extra Pegelanpassungen verwenden, außer dass gelegentlich ein externer Pull-up-Widerstand notwendig wird. Die zuläs-



sige Betriebsspannung reicht von 1,6 bis 5,5 V, wobei der Kern über einen internen Spannungsregler mit 1,8 V versorgt wird.

## Time-Management

Der Controller-Takt kann auf verschiedene Weise erzeugt werden: Wenn die Genauigkeit ausreicht, dann genügt der interne Generator mit Frequenzen bis zu 32 MHz. Selbstverständlich kann auch ein externer Quarz oder Oszillator angeschlossen werden. Interne und langsame 15 kHz können den WDT (**WatchDog Timer**), die RTC (**Real Time Clock**) und den Intervall-Timer takten. Die Timer sind flexibel und bieten viele Funktionen. Abhängig von der Pin-Anzahl lassen sich bis zu 16 Timer in 2x8-Andordnung nutzen. Jeder Timer („Kanal“ genannt) kann dabei als Intervall-Timer, Rechteck-Generator, Event-Zähler, Frequenzteiler, Puls-Intervall-Timer, Pulsdauer-Timer oder Delay-Counter verwendet werden. Noch mehr Möglichkeiten ergeben sich durch Kombination, als MMV (**Monostabiler MultiVibrator**) oder als PWM-Generator. Auf diese Weise können bis zu sieben PWM-Signale mit einem Master-Timer generiert werden. Wenn man mehr Timer braucht und die Auflösung nicht so wichtig ist, dann kann man spezielle 16-bit-Timer in je zwei 8-bit-Timer aufspalten. Timer 7 aus der ersten Reihe ist zusätzlich mit LIN-Netzwerk-Support gesegnet (siehe nachfolgend).

Neben der Behandlung von Datum und Uhrzeit und einer Alarm-Generierung kann die RTC außerdem periodische Interrupts mit einer Frequenz von 2 oder 1 Hz (sowie einmal pro Minute, Stunde, Tag oder Monat) erzeugen. Bei Chips mit 40 und mehr Pins ist außerdem noch ein 1-Hz-Ausgang verfügbar. Zwecks besonders hoher Präzision ist die RTC mit einem Correction-Register ausgestattet, mit dem man den 32.768-Hz-Takt genau justieren kann. Selbstverständlich läuft die RTC weiter, wenn die CPU gestoppt ist.

Wenn wir schon beim Stop-Mode sind: Ein spezieller Intervall-Timer kann die CPU zu festgelegten periodischen Intervallen aufwecken. Dieser Timer wird auch für den „Snooze Mode“ des A/D-Konverters benutzt — mehr dazu später. Bei einem Takt von 32.768 Hz ist das kürzeste Intervall 0.125 ms breit (8 Hz).

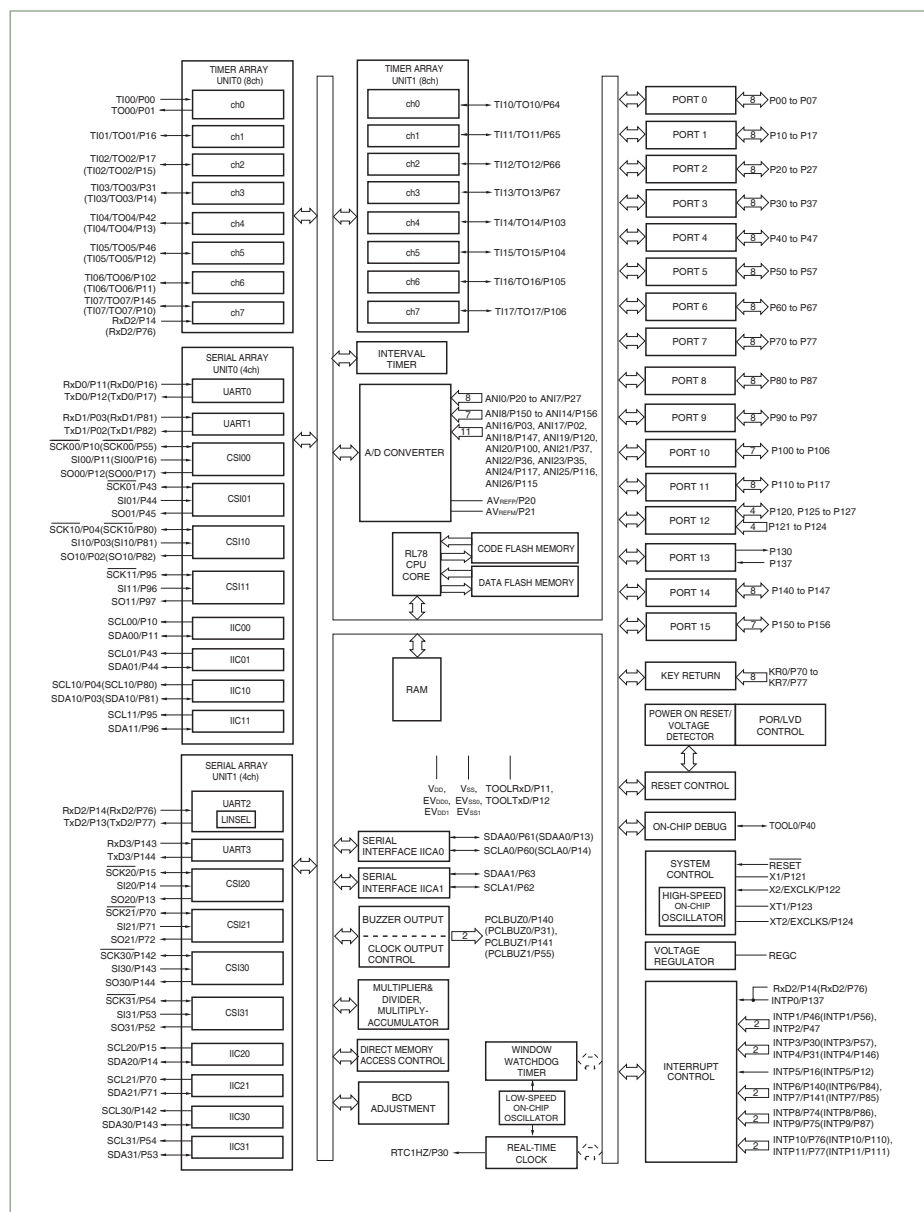


Bild 1. Blockschaltung der Interna eines 128-poligen RL78/G13-Controllers. Chips mit weniger Pins sind magerer bestückt.

Außer bei 20-poligen Chips gibt es noch einen (auch vom Timing abhängigen) Buzzer-Controller. Dabei handelt es sich um einen Takt-Ausgang, der zur Erzeugung des

Trägersignals für IR-Kommunikation, zur Taktung anderer ICs oder zur Sound-Ausgabe mit einem passiven Piezo-Signalgeber gedacht ist. Mit einem Gate-Bit kann man

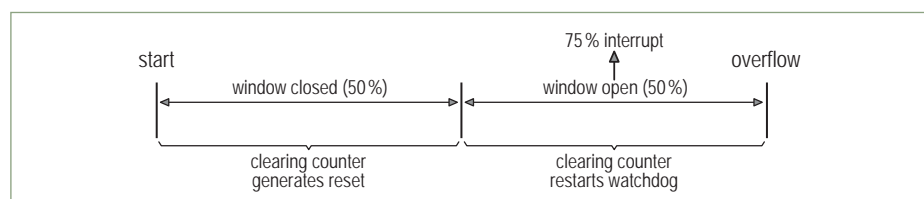


Bild 2. Wenn man den Watchdog außerhalb des zulässigen Zeitfensters resettet will, wird ein interner Reset des Chips ausgelöst. Ein Interrupt kann via Flag signalisieren, ob das Fenster gerade offen ist.

diesen Ausgang so steuern, dass Impulse immer die gleiche Länge haben. Schließlich gibt es noch einen Watchdog-Timer, der ein Zeitfenster mit 50 %, 75 % oder 100 % des Watchdog-Intervalls generiert, in dem es erlaubt ist, den Watchdog zu resettet. Ein Reset des Watchdogs außerhalb dieses Fensters hat einen kompletten Chip-Reset zur Folge. Das Fenster ist am Schluss des Intervalls offen. Zudem kann noch ein Interrupt erzeugt werden, der bei Erreichen von 75 % des WD-Intervalls ausgelöst wird – dann nämlich ist das WD-Fenster bei allen drei Fenstergrößen offen. **Bild 2** illustriert diesen Mechanismus.

### ADC

Der integrierte ADC (Analog to Digital Converter) hat 10 bit Auflösung und ist vom Sukzessive-Approximations-Typ. Er kann bis zu 26 Eingänge haben. Via Hardware und Software stehen diverse Trigger-Möglichkeiten zur Verfügung. Hardware-Triggerung bedeutet die Auslösung durch einen Timer (Ende von Kanal 1, Capture-Interval-Timer oder RTC). Die für eine Konversion benötigte Zeit hängt teilweise von der Triggerung ab. Wenn die Eingangs-Stabilität kein Thema ist (wenn die Eingänge zum Beispiel nicht umgeschaltet werden), können Wandlerzeiten von knapp über 2 µs erreicht werden.

Zwei Register erlauben den Vergleich des ADC-Resultats mit Maximal- und Minimalwerten, wobei ein Interrupt erzeugt wird, wenn das Resultat innerhalb oder außerhalb dieser Grenzen liegt. Diese Funktion ist auch im Snooze-Mode verfügbar. Hierbei wird dann die CPU angehalten, was viel Strom spart, nicht aber der ADC. Wenn eine Wandlung einen Interrupt auslöst, dann kann der Snooze-Mode in der zugehörigen Routine beendet und normal weitergemacht werden.

### Kommunikation

Ein RL78 hat multifunktionale serielle Einheiten. Chips mit mehr als 25 Pins haben davon zwei und die kleineren sind mit einer

Einheit bestückt. Die zweite serielle Einheit unterstützt zudem den LIN-Bus (Local Interconnect Network).

Serielle Einheiten können im asynchronen UART-, im synchronen CSI- (3-Draht-Bus mit Clock, Data-in & -out, als Master oder Slave) und im vereinfachten Modus betrieben werden, wobei unter Letzterem der I<sup>2</sup>C-Master-Modus verstanden wird. Abhängig vom Chip-Typ sind bis zu vier UARTs oder acht CSI- und/oder vereinfachte I<sup>2</sup>C-Ports möglich – die Mischvarianten nicht mitge-

1-Draht-Bus und mit maximal 20 kbit/s recht langsam. Der Timer ist für die LIN-Synchronisation zuständig und der UART erledigt die serielle Behandlung der Daten. Vollständige I<sup>2</sup>C-Kommunikation geschieht mit der darauf spezialisierten Peripherie IICA. Chip mit 80 Pins und mehr haben davon zwei Exemplare. Hierbei sind dann Datenraten bis hin zu 20 MHz möglich, was sowohl den I<sup>2</sup>C-Fast-Mode mit 3,5 MHz und -Fast-Mode-Plus mit 10 MHz beinhaltet. Dieses Modul kann die CPU aus dem Stop-Mode holen.

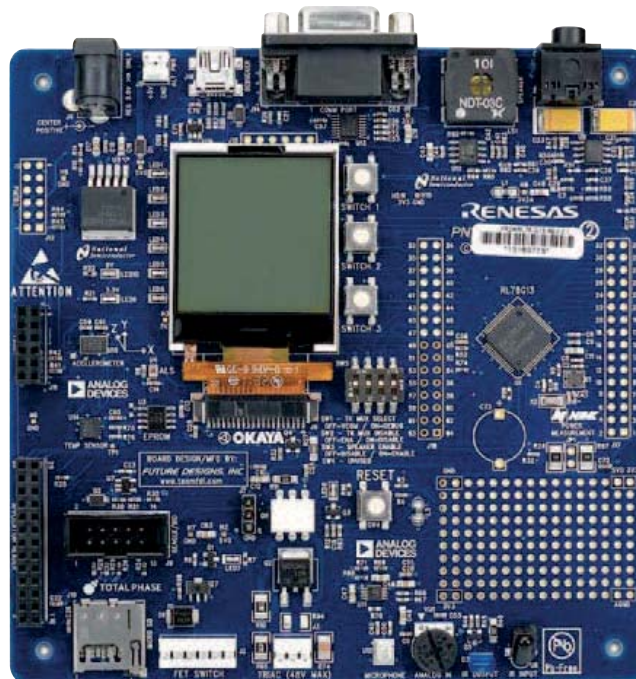
### Mathe-Beschleunigung

Der integrierte Hardware-Multiplizierer und -Dividierer ist speziell bei Filtern und FFT-Funktionen sehr nützlich. Diese Einheiten erlauben volle 16-bit-Multiplikationen „signed und unsigned“ und Divisionen mit 32-bit-Resultaten. Auch ein Multiply-Accumulate in 16 bit ist möglich. Man muss allerdings die Operanden „zu Fuß“ in spezielle Register laden und das Resultat aus einem anderen wieder abholen. Eine Multiplikation benötigt dann aber nur einem Takt-Zyklus – eine Division kommt auf 16 Takte. Ein „Accumulate“ benötigt noch einen extra Takt.

Eine weitere Spezialität ist das BCD-Register, das „normale“ binäre Ergebnisse in das BCD-Format transformieren kann.

### DMA

Zur Beschleunigung des Datentransfers ohne Belastung der CPU verfügt ein RL78-Core über bis zu vier DMA-Kanäle (Direct Memory Access). DMA-Transfers mit bis 1024 Worten in 8 oder 16 bit Breite von und zu SFRs und RAM können durch einige Interrupts (ADC, seriell oder Timer) initiiert werden. Da DMA-Transfers parallel zur Arbeit der CPU ausgeführt werden, beeinträchtigen sie nicht deren Ausführungsgeschwindigkeit. Bei zeitkritischen Situationen aber kann man dennoch einen DMA-Transfer für eine bestimmte Anzahl an Takten warten lassen, bis die CPU eine Aufgabe erledigt hat.



zählt. Komplettes I<sup>2</sup>C ist mit einer spezialisierten I<sup>2</sup>C-Einheit möglich.

UART0 und UART2, CSI00 und CSI20 unterstützen wie der ADC den Snooze-Modus. In diesem Modus können die Ports bei eintreffenden Nachrichten unabhängig von der CPU aufwachen. In den Interrupt-Routinen kann bei Bedarf auch die CPU aufgeweckt werden.

Die LIN-Kommunikation funktioniert mit UART2 zusammen mit Timer 7 aus Array 0. Der LIN-Bus ist eine vereinfachte und preiswerte Alternative zum CAN-Bus in Automotive-Systemen, womit einfache Schalter, Sensoren oder Aktoren abgefragt und gesteuert werden können. LIN ist ein

## Das RL78-RDK (Renesas Demonstration Kit)

Das quadratische Evaluations-Board (13x13 cm) ist mit einem RL78/G13-Controller mit externer Peripherie wie einem grafischen LCD mit SPI-Interface, einem Stereo-Audio-Ausgang (PWM), einem MEMS-Mikrofon, einem kleinen Lautsprecher mit eigenem Verstärker, drei Tastern, LEDs, Kommunikationsschnittstellen wie IR, RS232, I<sup>2</sup>C, SPI sowie einem Slot für Mikro-SD-Karten, einem seriellen 512-KB-EEPROM, einem 3-Achsen-Accelerometer mit I<sup>2</sup>C, einem I<sup>2</sup>C-Temperatur-Sensor, zwei Sensoren für Umgebungslicht, Erweiterungsanschlüssen und mehr bestückt. Hinzu kommen noch zwei geschaltete Ausgänge zur Stromversorgung, wovon einer von einem MOSFET (2 A, 60 VDC,  $R_{DSon} = 78 \text{ m}\Omega$ ) und der andere von einem TRIAC (max. 48 VAC<sub>RMS</sub>) gesteuert wird. An Bord ist auch ein Renesas-TK-Debugger/Programmer, der vom IAR-Compiler (die Kick-Start-Edition wird mitgeliefert) unterstützt wird.

Es gibt unterschiedliche Erweiterungsanschlüsse: Zwei sind mit dem SPI-basierten



PMOD-Standard von Digilent kompatibel, und einer ist ein Application-Header zur Aufnahme von Erweiterungsmodulen (wie die WLAN-Module von RedPine und Gainspan). Zwei weitere Erweiterungs-Header sind für die direkte Nutzung von Controller-Pins zuständig. Wer einen Beagle-I<sup>2</sup>C- oder -SPI-Protokoll-Analyser von Total Phase besitzt, den wird freuen, dass ein kompatibler Port den Zugriff auf den I<sup>2</sup>C-Bus und SPI-Bus erlaubt.

Das Board kann direkt via USB oder über ein externes 5-V-Netzteil versorgt werden. Bei letzterem gilt es zu beachten, dass das Board über keine Sicherung gegenüber Überspannungen verfügt. Für Batteriebetrieb kann als Puffer auch ein so genannter Supercap bestückt werden.

### Weitere Infos:

[www.renesasrulz.com/community/demoboards/rdkrl78g13](http://www.renesasrulz.com/community/demoboards/rdkrl78g13)

## Interrupts

Ein RL78-Kern erlaubt sehr viele Interrupt-Quellen. So genannte „Key Interrupts“ gibt es nicht bei jedem Controller. Hier können bis zu acht Eingänge für Taster oder Schalter so „verodert“ werden, dass bei Tastenbetätigung (active low) ein Interrupt ausgelöst wird.

## Betriebsmodi und Sicherheit

Jenseits der schon erwähnten Stop- und Snooze-Modi gibt es auch noch einen so genannten Halt-Modus, in der zwar die CPU angehalten wird, aber die internen Takte weiterlaufen, sodass ein schnelles Aufwachen möglich ist. Im Gegensatz dazu wird im Stop-Mode auch der Takt abgeschaltet, was den Stromverbrauch weiter reduziert. Der Snooze- entspricht weitgehend dem Stop-Mode, außer dass schlafende Peripherie sehr schnell aktiviert wird, wenn etwas Relevantes passiert. Interrupts (und natürlich auch ein Reset) können alle drei Modi beenden.

Ein Reset kann von sieben Instanzen ausgelöst werden. Drei davon beziehen sich auf Sicherheits-Features: illegale Instruktionen, RAM-Parity und illegaler Speicherzugriff. Zwei weitere betreffen die Stromversorgung: POR (Power-On Reset) und LVD (Low Voltage Detection). Alle Reset-Optionen entsprechen den Standards IEC 60730 (betrifft

Steuerungen für Heimautomation und ähnliche Anwendungen) und IEC 61508 (betrifft die Sicherheit von programmierbaren Systemen). Ein RL78-Controller entspricht diesen Anforderungen, indem er CRC-Checks für Flash-Speicher, Sicherungen gegen Modifikation von RAM und SFRs bei angehaltener CPU, Überwachung des Takt-Oszillators und einen ADC-Selbsttest mitbringt.

Die für den CRC-Check des Flash-Speichers genutzte Hardware kann auch als CRC-Modul für andere Zwecke eingesetzt werden. Es implementiert das CCITT-CRC-16-Polynom  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ .

Die RAM-Schutzfunktion bewacht bis zu 512 Byte, womit sensitive Daten überwacht werden können.

## Flash & Fuses

Wer schon einmal mit den Fuses von PIC- und AVR-Controllern zu tun hatte, dem wird gefallen, dass ein RL78 vier Fuses für die Konfiguration des Watchdog-Timers erlaubt: LVD, Flash-Speicher-Modi, Taktfrequenz und Debugging-Modes.

Der Flash-Speicher ist in Programm- und Daten-Speicher unterteilt. Man kann ihn „in circuit“ über ein serielles Interface programmieren. Es gibt auch eine Boot-Partition, die mit einem Ping-Pong-Mechanismus namens „boot swapping“ dafür sorgt, dass

ein Bootloader immer in die Boot-Partition geschrieben wird, wobei selbst ein Ausfall der Stromversorgung der Boot-Partition beim Beschreiben nichts anhaben kann. Eine Art Flash-Fenster schützt den Speicher vor einem versehentlichen Überschreiben.

## Ausklang

Am Ende unserer Renesas-RL78-Tour ist klar, dass diese Mikrocontroller etliche interessante Peripherie-Funktionen an Bord haben, die flexibel zu handhaben und gut optimiert sind. Durch die integrierte Takterzeugung kann ein RL78-Controller mit nur geringer externer Beschaltung betrieben werden, was seinen Einsatz preiswert macht und wenig Platz benötigt. Wenn man den Umgang mit dem Snooze-Mode beherrscht, kann man auch Schaltungen mit niedriger Energieaufnahme konzipieren, sodass dem Batteriebetrieb nichts im Wege steht.

(120183)

## Weblinks

- [1] [www.youtube.com/watch?v=eG4xDCq17jc](http://www.youtube.com/watch?v=eG4xDCq17jc)
- [2] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01267a.pdf>
- [3] [www.renesas.com/pr/mcu/rl78/index.html](http://www.renesas.com/pr/mcu/rl78/index.html)



# Hexadoku

## Sudoku für Elektroniker

Bleistift gespitzt, Radiergummi in Reichweite? Keine Familienmitglieder, die stören können? Und ein bequemer Stuhl ist auch vorhanden? Prima, dann können Sie ja mit unserem neuen Hexadoku loslegen! Wenn Sie überall die richtigen Zahlen ausgefüllt haben, sollten Sie uns die Lösung gleich einsenden – und Sie haben die Chance, einen von vier Gutscheinen zu gewinnen!

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

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

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

### Mitmachen und gewinnen!

Unter allen internationalen Einsendern mit der richtigen Lösung verlosen wir

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

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

### Einsenden

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

Elektor – Redaktion Süsterfeldstr. 25 52072 Aachen

Fax: 0241 / 88 909-77 E-Mail: [hexadoku@elektor.de](mailto:hexadoku@elektor.de)

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 31. Mai 2012!

### Die Gewinner des Hexadokus aus dem Märzheft stehen fest!

Die richtige Lösung ist: 862DF.

Der Elektor-Gutschein über 100 € geht an: Ron Hodges aus Spokane (USA).

Einen Elektor-Gutschein über je 50 € haben gewonnen: Eric Chamouard, Pascual Alagón Luna und Esko Viiru.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

# Microprocessor Design Using Verilog HDL

With the right tools, such as this **new book**,  
**designing a microprocessor can be easy.**  
Okay, maybe not easy, but certainly  
less complicated. Monte Dalrymple  
has taken his years of experience  
designing embedded architecture  
and microprocessors and compiled  
his knowledge into one **comprehensive  
guide to processor design in the  
real world.**

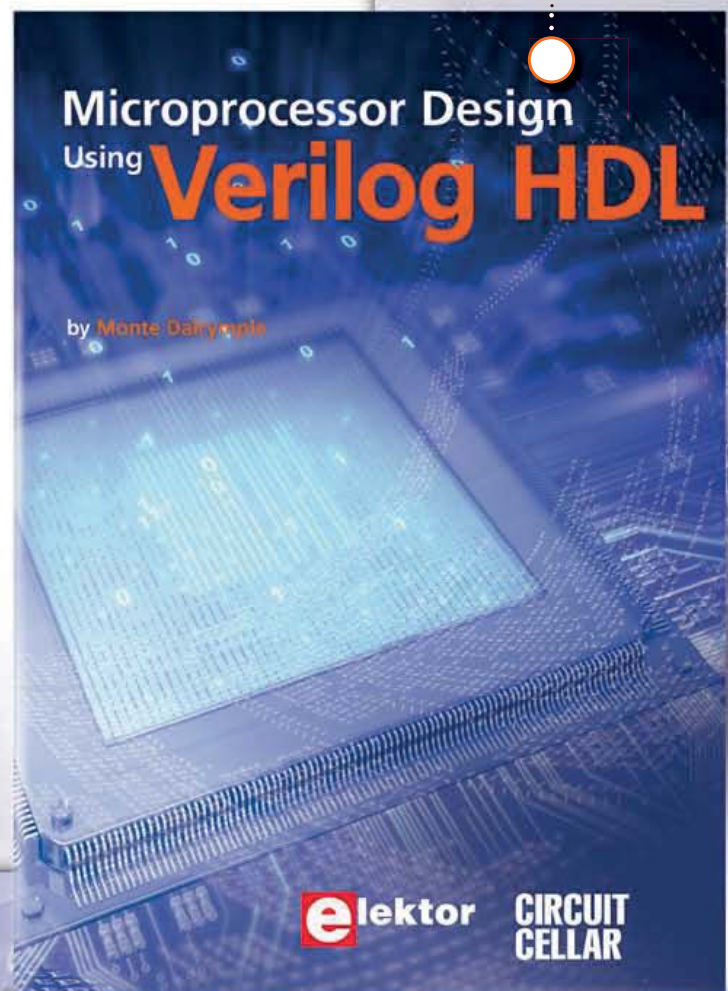
Yours for just  
**\$45.00**

Monte demonstrates how Verilog hardware description language (HDL) enables you to **depict, simulate, and synthesize an electronic design** so you can **reduce your workload and increase productivity.**

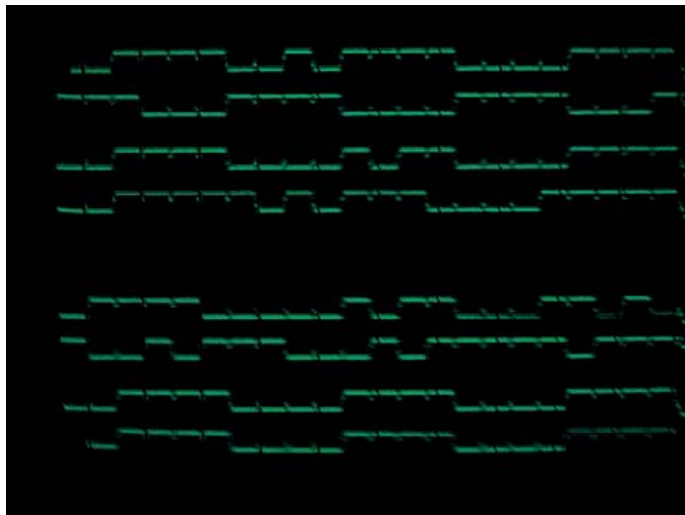
*Microprocessor Design Using Verilog HDL* will provide you with information about:

- Verilog HDL Review
- Verilog Coding Style
- Design Work
- Microarchitecture
- Writing in Verilog
- Debugging, Verification, and Testing
- Post Simulation and more!

[www.cc-webshop.com](http://www.cc-webshop.com)



# Logikanalysator (1981)



Von Luc Vanhove (B)

Der Logikanalysator von Elektor, den ich staubbedeckt bei einer Aufräumaktion im Keller vorfand, stammt aus meiner Schulzeit in den 1980er Jahren. Leider hatte ich nie Zeit, für das damals mit viel Enthusiasmus gebaute Gerät eine vorzeigbare Frontplatte zu fertigen. Als ich das heutige Museumsstück in der Hand hielt, konnte ich nicht anders, ich musste es noch einmal in Betrieb nehmen.

Nach Sichten der Kabel, die beim Gerät lagen, schloss ich es an ein Oszilloskop BEM016 an, ein Bauprojekt aus den 1970er Jahren. Ich staunte nicht schlecht, als sofort ein Signal auf dem Schirm erschien: Acht Stufen mit unterschiedlicher Amplitude. Das Signal sah völlig verwaschen aus, doch eine externe Triggerung brachte Abhilfe. Alle acht Kanäle wurden sauber dargestellt.

Dieses Elektor-Projekt aus dem Jahr 1981 hatte ich mit wenigen Abwandlungen so aufgebaut, wie es damals in der Artikelfolge beschrieben war. Hinzugefügt habe ich einige Feinheiten, die damals bei manchen industriegefertigten Geräten dazugehörten. Die Baubeschreibungen gehörten zu anderen Projekten, die in jener Zeit ebenfalls in Elektor erschienen. Es ging um Berührtaster, um das Generieren des Taktsignals mit Multiplexern und um die Anzeige der Frequenz oder Periode. Mein Logikanalysator stellte ferner die Spannungen  $\pm 5\text{ V}$  und  $+12\text{ V}$  für das zu untersuchende System bereit. In den Tastkopf hatte ich schnelle Schmitt-Trigger-Komparatoren eingebaut, damit ich Signale an CMOS-ICs messen konnte. Den Speicherzusatz erweiterte ich um einen vertikalen Abschwächer, so dass die Genauigkeit stieg. Das alles wurde an einem robusten, leistungsstarken Netzteil betrieben, das ich vollständig selbst entworfen hatte. Bei meiner Aufräumaktion vermisste ich die A/D-Wandler-Platine, sie war leider unauffindbar.

Das Projekt „Logikanalysator“ wurde von der Redaktion auf fünf Ausgaben des Elektor-Jahrgangs 1981 verteilt:

- Logikanalysator Teil 1: Beschreibung März 1981
- Logikanalysator Teil 2: Schaltung April 1981

- Logikanalysator Teil 3: Platinen Mai 1981
- Digitaler Speicherzusatz Juni 1981
- Eingangspuffer für Logikanalysator Juli/August 1981

## Alles Hardware

Die acht digitalen Eingangssignale liegen an einem 8-bit-Latch (siehe **Bild 1**), das über eine Verzögerung mit der Sampleperiode 50 ns (oder einstellbar im Bereich 150...500 ns) getaktet wird. Der Taktoszillator arbeitet mit einem 4-MHz-Quarz, diese Frequenz wird abhängig von der erforderlichen Sampleperiode herabgeteilt. Umgeschaltet wird die Frequenz über ein Multiplexer-IC. Externe Taktsignale sind ebenfalls zuführbar, wahlweise kann die Vorder- oder Rückflanke die Taktung auslösen.

Das Signal des Frequenzteilers steuert außerdem einen voreinstellbaren 8-bit-Zähler (*counter B*), der ab dem Wert 0 im Post-Trigger-Modus, ab 126 im Center-Trigger-Modus und beim Stand 254 im Pre-Trigger-Modus arbeitet. Von diesem Zähler hängt der Zeitpunkt ab, bei dem das Write-Enable-Signal zum RAM gelangt.

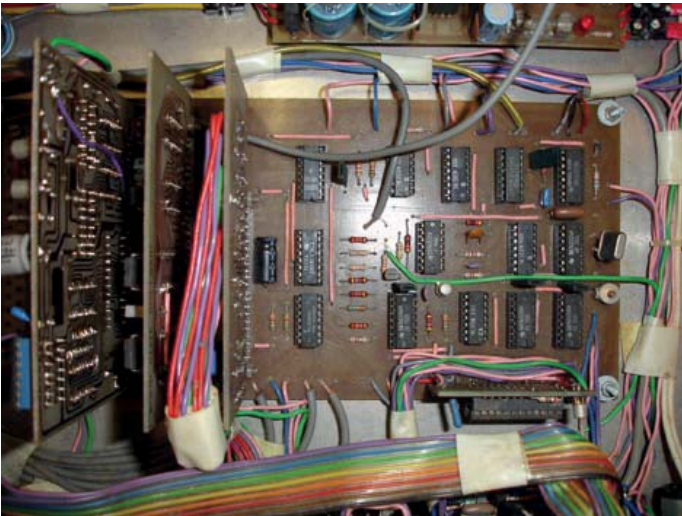
Die Ausgangssignale des 8-bit-Latches sind mit den Eingängen des RAMs und gleichzeitig mit EXOR-Gattern verbunden (*word recognizer*), die Eingänge können auf logisch 1, logisch 0 oder auf „beliebig“ (*don't care*) gelegt werden. Das eingestellte Triggerwort (oder zwei externe Triggersignale) setzen das Flipflop FF1. Das Flipflop kann auch manuell gesetzt oder rückgesetzt werden.

Bei der Triggerung wird die Information in das RAM übernommen. Der Zähler zählt die Samples, er stoppt die Prozedur, wenn das RAM nach 256 Schritten belegt ist. Ein zweiter 8-bit-Zähler (*counter A*), der sein Taktsignal aus dem eingestellten Sample-Signal bezieht, übernimmt die RAM-Adressierung.

Jetzt wird das RAM über den Carry-Ausgang des ersten 8-bit-Zählers (*counter B*), der Flipflop FF2 steuert, in den Read-Modus geschaltet. Der Zähler adressiert in aufsteigender Reihenfolge alle Speicherplätze des RAMs.

Der RAM-Inhalt gelangt zu einem 8-nach-1-Multiplexer, der die Kanäle durchläuft und den Signalen über einen D/A-Wandler unter-



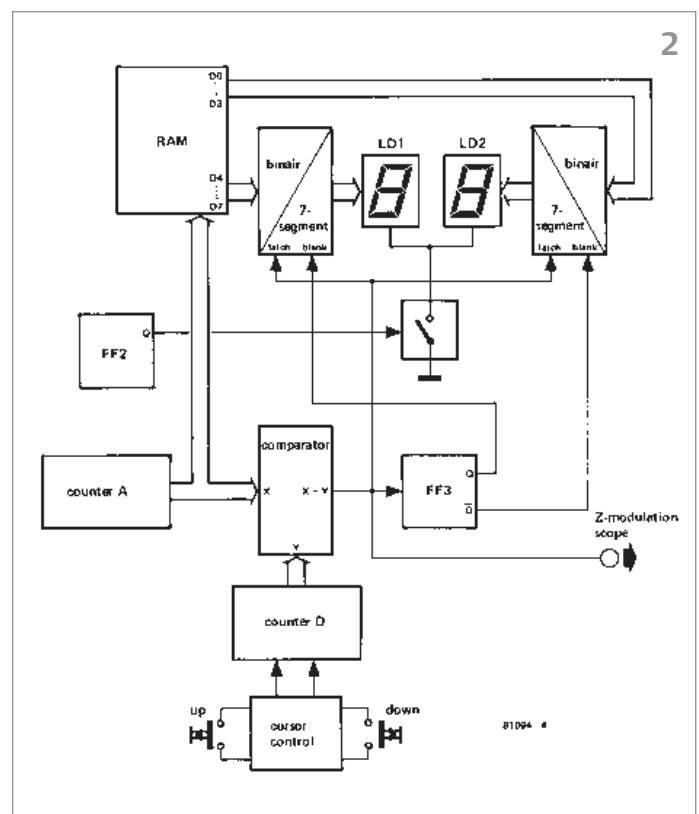
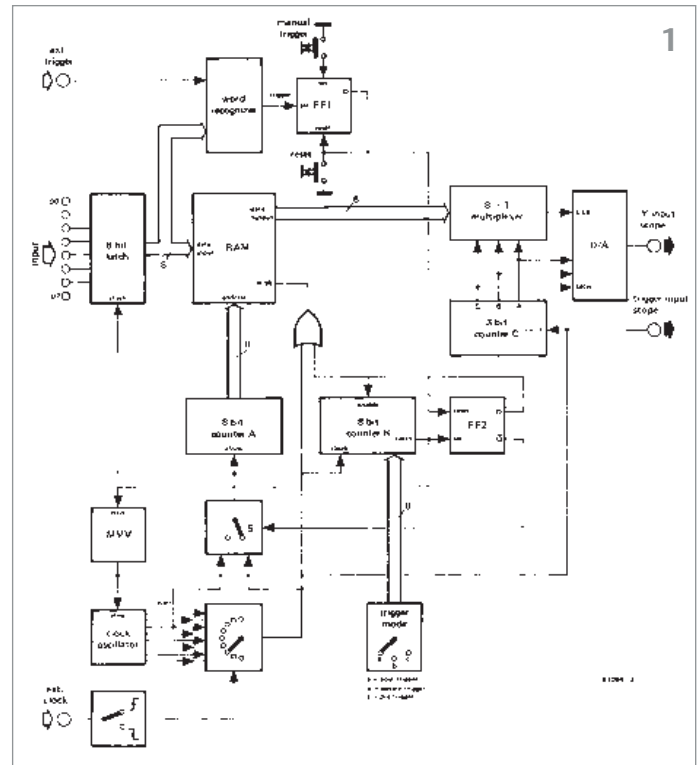


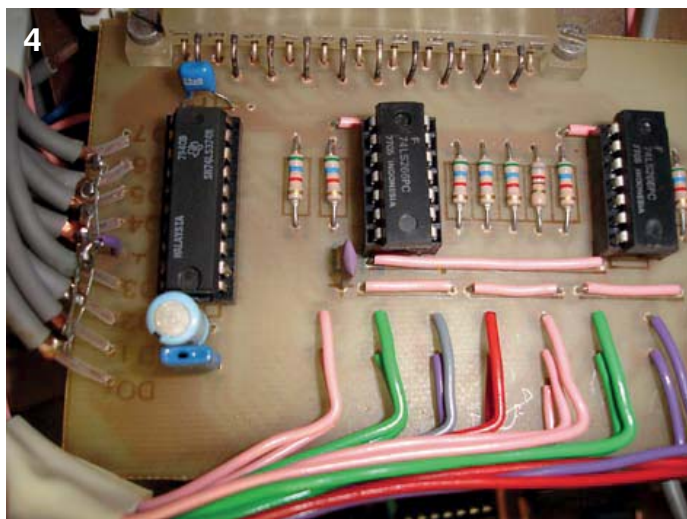
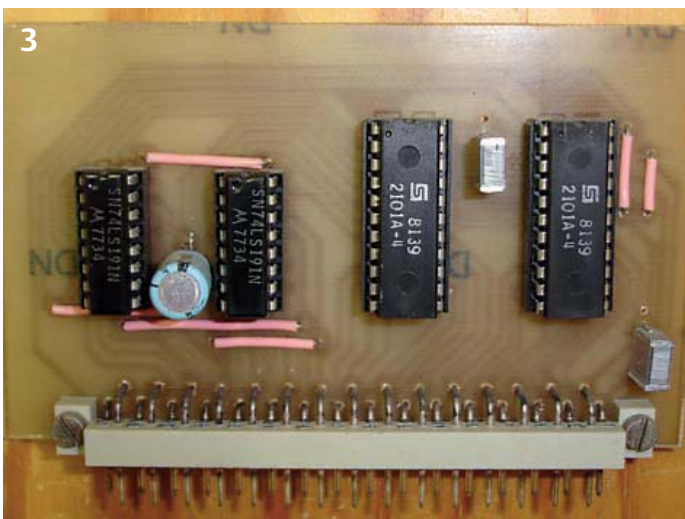
schiedliche Gleichspannungen hinzufügt. Dadurch hat der Benutzer den Eindruck, dass auf dem Schirm acht Kanäle dargestellt werden. Tatsächlich ist nur ein einziger Kanal vorhanden, der durch das externe Triggersignal des Oszilloskops auf acht virtuelle Kanäle gespreizt wird. Das externe Triggersignal ist notwendig, damit die Signale synchron auf dem Schirm abgebildet werden.

Von den Datenausgängen des RAMs führt ein zweiter Signalweg zum Tracking-Generator, der in **Bild 2** dargestellt ist (RAM, Flipflop FF2 und Counter A sind mit Bild 1 identisch). Jedem der acht Datenströme muss ein Bit entnommen werden, der Wert der acht Bits soll hexadezimal angezeigt werden. Das wird mit einem Zähler bewerkstelligt, der vorwärts oder rückwärts zählen kann. EXNOR-Gatter vergleichen die Zählerstände mit den aktuellen RAM-Adressen. Bei Übereinstimmung wird ein Impuls erzeugt, der den Z-Eingang des Oszilloskops steuert. Das hat zur Folge, dass die selektierten Bits auf dem Schirm heller als die übrigen Bits dargestellt werden. Weil nicht jedes Oszilloskop einen Z-Eingang besitzt, wird der Impuls dem Ausgangssignal des A/D-Wandlers überlagert. Dadurch erhält das Bitmuster eine Spitze nach unten, wenn das Bit logisch 1 ist, oder nach oben, wenn es logisch 0 ist. Mit dieser Methode ist bei gleichförmigen Bitfolgen leicht erkennbar, ob die Bitfolge aus Nullen oder Einsen besteht.

Die hexadezimalen Werte können auch auf einem zweistelligen Siebensegment-Display abgelesen werden. Die BCD-Siebensegment-Decoder übernehmen die vom RAM kommenden Daten in ihre Register, wenn sie über ein Flipflop den Z-Impuls erhalten. Mit dem Reset-Taster bei Flipflop FF1 wird die Schaltung in den Ausgangszustand versetzt, sie wartet dann, bis das voreingestellte Bitmuster auftritt.

Die Bilder 3, 4, 5 und 6 zeigen die Speicherplatine, die Input/Trigger-Platine, die Tracking-Generator-Platine und die Stromversorgung. Das Konzept dieses Logikanalysators, das ausschließlich auf Hardware gestützt ist, hat durch die RAM-Zugriffszeiten seine Grenzen. Schnelle RAMs hatten damals Zugriffszeiten, die bei 250 ns lagen.





### Speicherzusatz

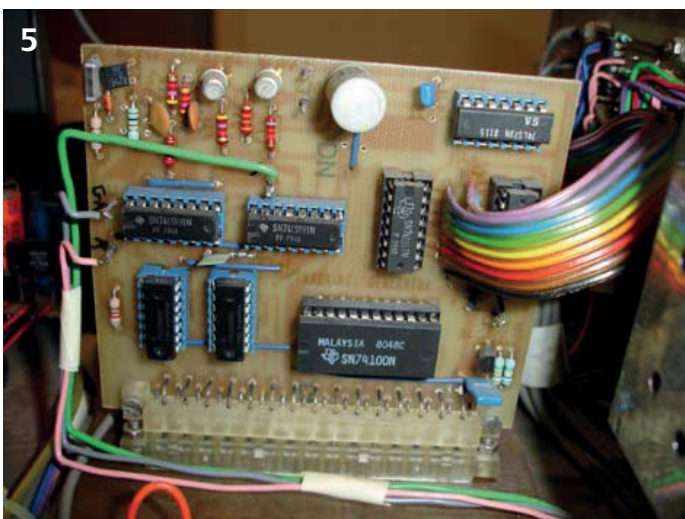
Aufbauend auf das beschriebene Konzept war es nicht schwierig, den Logikanalysator zum Speicheroszilloskop zu erweitern. Benötigt wurde lediglich ein Zusatzmodul, das das analoge Signal ähnlich einem konventionellen Oszilloskop abschwächt oder verstärkt und einem A/D-Wandler zuführt. Der digitale Wert wird in einem RAM gespeichert, ein D/A-Wandler rekonstruiert aus den gespeicherten digitalen Werten das analoge Signal.

Speicheroszilloskope können auch nicht-periodische Signale gut erkennbar darstellen, wie sie beispielsweise beim Ein- oder Ausschalten elektronischer Systeme auftreten. Auch das Erfassen langsamer Signale über lange Zeiträume ist möglich.

Schnelle Logikanalysatoren und Speicheroszilloskope gehörten in jener Zeit zu den für Elektronik-Enthusiasten unbezahlbaren Schätzen. Das lag vor allem daran, dass die Realisierung ausschließlich mit Hardware ein reichlich komplexes Unterfangen war. Ein leistungsstarker Mikrocontroller zusammen mit einigen Papierseiten Software hätte dem Logikanalysator zu weniger Komplexität, kleineren Abmessungen und niedrigeren Kosten verholfen. Doch daran war damals noch nicht zu denken.

Der Logikanalysator von Elektor aus dem Jahr 1981 öffnete Türen zur digitalen Welt. Er hatte sich den Ruf erworben, ein zuverlässiges und solides System zu sein. Auch mehr als 30 Jahre später fand ich diesen Ruf bestätigt.

(120219)gd





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

– Christian, 19 Jahre, Abiturient –



**30%**  
Preis-  
Vorteil

**Elektor ist Wissen für Profis.**

Sichern Sie sich jetzt Ihren  
Wissensvorsprung durch ein Abo!

**Ihre Vorteile im Abo:**

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



[www.elektor.de/studentenabo](http://www.elektor.de/studentenabo) • Tel. 02 41/88 909-0

**elektor**



# Starke Stücke

Die ganze Welt der Elektronik  
in einem Shop!



**NEU!**

Theorie und Praxis mit WinFACT und Multisim

## Regelungstechnik

Die heutige Regelungstechnik hat Verknüpfungspunkte mit fast jedem technischen Gebiet. Ihre Anwendungen reichen von der Elektrotechnik über die Antriebstechnik und den Maschinenbau bis hin zur Verfahrenstechnik. Will man nun die Regelungstechnik anhand der fachlichen Regeln dieser einzelnen Gebiete erklären, so müsste man von einem Regelungstechniker verlangen, jedes Fachgebiet, in dem er Regelungen vornehmen will, fundiert zu beherrschen. Dies ist aber bei dem heutigen Stand der Technik nicht möglich.

Bei der Regelung einer Antriebsaufgabe, einer Druck- oder einer Temperaturregelung tauchen Gemeinsamkeiten auf, die man mit einer einheitlichen Vorgehensweise beschreiben kann. Die Grundgesetze der Regelungstechnik gelten in gleicher Weise für alle Regelkreise, ganz unabhängig davon, wie verschieden sie im Einzelnen auch apparativ aufgebaut sein mögen.

Dieses Buch richtet sich an den Praktiker, der gründlicher in die Regelungstechnik eindringen möchte, auf ausschweifende theoretische Exkursionen in die Mathematik aber gerne verzichten kann.

365 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-240-6 • € 49,00 • CHF 60,80



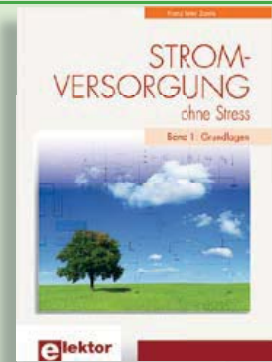
**Topseller**

Von 0 und 1 zum FPGA

## Digitale Logik selbst entwickeln

Dieses Buch nimmt Sie mit auf eine Entdeckungsreise in die Welt der digitalen Elektronik. Nach dem Aufbau einer soliden Wissensbasis hierüber verlagert sich der Schwerpunkt zur programmierbaren Logik. Wie lassen sich mit vorhandenen Bausteinen logische Systeme aufbauen und wie koppelt man sie sicher und störungsfrei an die analoge Außenwelt? Das sind Fragen, die das Buch beantwortet.

603 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-254-3  
€ 49,00 • CHF 60,80

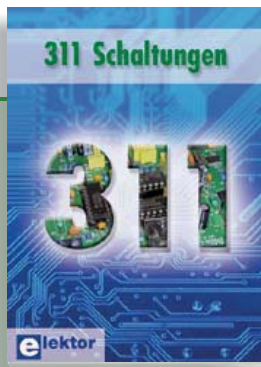


Band 1: Grundlagen

## Stromversorgung ohne Stress

Die Funktion aller elektronischen Schaltungen und Geräte steht und fällt mit der Stromversorgung. Schon deshalb muss man dieser Baugruppe besondere Aufmerksamkeit widmen. Dieses Buch beinhaltet Grundlagen und Schaltungen der Stromversorgungstechnik für elektronische Geräte aus der Praxis. Dem aktuellen Trend folgend hat der Autor der mobilen Stromversorgungstechnik und der Schaltnetzteiltechnik besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

294 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-248-2  
€ 38,00 • CHF 47,20



Kreative Lösungen aus allen Bereichen der Elektronik

## 311 Schaltungen

Das mittlerweile zwölfte Buch aus Elektors erfolgreicher „Dreihunderter“-Schaltungsreihe bietet ein weiteres Mal neue Konzepte sowie einen (fast) unerschöpflichen Fundus zu allen Bereichen der Elektronik: Audio & Video, Spiel & Hobby, Haus & Hof, Prozessor & Controller, Messen & Testen, PC & Peripherie, Stromversorgung & Ladetechnik sowie zu Themen, die sich nicht katalogisieren lassen.

544 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-255-0  
€ 36,80 • CHF 45,70



„Die Spannung steigt!“

## Stromversorgungen in der Praxis

Die Elektronik bestimmt unser tägliches Leben mehr denn je – Tendenz steigend. Dabei benötigen alle elektronischen Geräte und Systeme eine gut funktionierende Stromversorgung mit spezieller Anpassung an die Betriebsbedingungen. Dieses neue Buch beschreibt die entsprechenden Möglichkeiten vom Transformator bis zum passenden Kühlkörper. Behandelt werden die wichtigsten Merkmale, Einsatzmöglichkeiten und das Betriebsverhalten von vielen unterschiedlichen Stromversorgungsgeräten.

366 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-239-0  
€ 46,00 • CHF 57,10

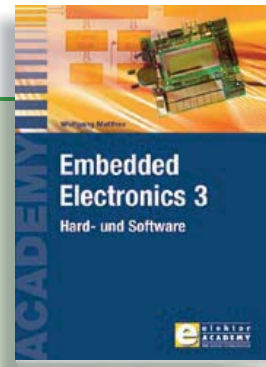


LCD-Graphik I, verkettete Strukturen I, Zeichenketten, Fädeltechnik I

## AVR-Programmierung 3

Dieser dritte Band der Buchreihe zur Assembler-Programmierung von AVR-Mikrocontrollern richtet sich nicht nur an Einsteiger. Auch die C-Programmierer von AVR-Prozessoren profitieren von der Erläuterung der Besonderheiten, die es bei der Assembler-Programmierung zu beachten gilt. Nach der Erläuterung der statischen Datenstrukturen in Buch 2 folgt in diesem Buch der Einstieg in die dynamischen Strukturen. Er beginnt nach einer allgemeinen Einführung mit der einfachsten Struktur, der verketteten Liste. Der letzte Teil führt in den Selbstbau von Fädelsprachen ein, die ein äußerst personalisiertes und projektorientiertes Programmieren erlauben.

319 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-231-4  
€ 46,00 • CHF 57,10



Der 3. Band der neuen Buchreihe

## Embedded Electronics 3

Die Bände Reihe wenden sich an jene, die sich – als Auszubildende, Studierende oder Berufseinsteiger – von A bis Z in die professionelle Schaltungs- und Systementwicklung einarbeiten wollen. Sie bieten, was Praktiker und Lernende brauchen: Eine Auffrischung und Vertiefung der Grundlagen, Anregungen zu eigenen Gedanken und Zugänge zu Einzelheiten, Querverbindungen und Spitzfindigkeiten.

412 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-185-0  
€ 49,00 • CHF 60,80



Visual Studio

## C# 2010 Programmierung und PC-Anbindung

Ziel dieses Buches ist, auf einfache Weise zu zeigen, wie mit der populären Hochsprache C# ein PC programmiert werden kann. Am Anfang beschreibt das Buch Datentypen und Programmsteuerungen, die dann um fortschrittliche Konzepte wie die objektorientierte Programmierung, Threads, die Internetkommunikation und Datenbanken erweitert werden. Alle verwendeten Code-Beispiele können kostenlos von der Elektor-Webseite heruntergeladen werden.

349 Seiten (kart.) • ISBN 978-3-89576-244-4  
€ 44,00 • CHF 54,60

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](mailto:bestellung@elektor.de)







**Kompletter Elektor-Jahrgang 2011 auf DVD**

## Elektor-DVD 2011

Die neue Elektor-Jahrgangs-DVD enthält alle Artikel des Jahrgangs 2011. Sie verfügt über eine sehr übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche. Mit der Elektor-DVD 2011 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 978-90-5381-276-1 • € 27,50 • CHF 34,10



**Der Logikbaukasten für jederman**

## Workshop-DVD „FPGA“

In diesem Workshop werden Sie in die Lage versetzt, auf die neuen Möglichkeiten einzugehen. Sie lernen den Aufbau und die Funktionsweise von FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) kennen und sind danach in der Lage, den für Sie geeigneten Hersteller und Bausteintyp auszuwählen. Sie werden mit einem Schaltplan-Eingabewerkzeug arbeiten und erfahren, welchen „Logikbaukasten“ der FPGA-Hersteller für Sie in seinen Bibliotheken bereithält.

ISBN 978-3-89576-259-8 • € 29,80 • CHF 37,00



## SDR mit AVR

(Elektor März 2012)

AVR-Controller von Atmel sind sehr beliebt, was nicht zuletzt an den kostenlos erhältlichen Tools liegt. Wie man AVR-Mikroprozessoren im Bereich Signalverarbeitung einsetzt, zeigt dieses aus 3 Platinen bestehende Projekt. Bei der ersten Platine handelt es sich um einen Signalgenerator mit einem ATtiny2313. Die zweite Platine enthält einen kompletten SDR-Empfänger mit Display. Die dritte Platine schließlich dient zum Aufbau einer aktiven Antenne. Die fertig bestückte Mini-Platine USB-FT232R Breakout-Board (Art.-Nr. 110553-91) gibts gratis oben drauf.

3 Bausätze im Set (Signalgenerator + Universalreceiver + aktive Antenne) inkl. USB-FT232R Breakout-Board

Art.-Nr. 100182-72 • € 119,95 • CHF 148,80



## AndroPod

(Elektor Februar 2012)

Android-Smartphones und -Tablets sind aufgrund ihrer Ausstattung (hochauflösender Touchscreen, Rechenleistung satt, WLAN und Telefoniefunktionen) geradezu prädestiniert, als Schaltzentrale in eigenen Projekten eingesetzt zu werden. Bisher war es allerdings nicht ganz einfach, die Geräte an externe Elektronik anzuschließen. Mit der Interface-Platine „AndroPod“, die einen Seriell-TTL- und einen RS485-Ausgang mitbringt, ist dies nun möglich.

Bestückte und getestete Platine mit RS485-Erweiterung

Art.-Nr. 110405-91 • € 59,95 • CHF 74,40



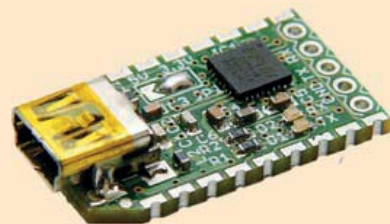
## Verbesserter Strahlungsmesser

(Elektor November 2011)

Für die Messung radioaktiver Strahlung braucht man nicht viel mehr als eine PIN-Fotodiode und den passenden Sensorverstärker. Bei diesem Projekt handelt es sich um einen optimierten Vorverstärker mit einem Mikrocontroller-Zähler. Der Controller übernimmt auch gleich die Zeitmessung und zeigt die Impulsrate in „counts per minute“ an. Das Gerät kann mit unterschiedlichen Sensoren für Gamma- und Alphastrahlung verwendet werden. Es eignet sich gut für Langzeitmessungen und für Untersuchungen an schwach strahlenden Proben.

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

Art.-Nr. 110538-71 • € 39,95 • CHF 49,60



## USB-FT232R Breakout-Board

(Elektor September 2011)

Dieser USB-nach-TTL-Wandler ist nicht viel größer als der angegossene Stecker eines USB-Kabels. Seine nützlichen Dienste kann die Mini-Platine unter Windows, Linux und anderen Betriebssystemen entfalten. Mit dem praktischen Konverterboard lassen sich eigene Schaltungen einfach um einen USB-Anschluss erweitern und leicht USB/RS232- oder RS485-Wandler realisieren. Die Platine ist überall dort praktisch, wo TTL erwünscht, aber nur USB vorhanden ist.

Bestückte und getestete Platine

Art.-Nr. 110553-91 • € 15,00 • CHF 18,60



Mai 2012 (Nr. 497)

€

+++ Das Lieferprogramm zu dieser Ausgabe finden Sie auf [www.elektor.de](http://www.elektor.de) +++

April 2012 (Nr. 496)

**Schalten via RS485**

110727-91 ..... RS485-Relais-Modul (bestückt und getestet) ..... 44,95  
110727-92 ..... Set aus 3 Relais-Modulen: RS485-Relais-Modul  
(bestückt und getestet) ..... 119,95

**SDR mit AVR (2)**

100181-71 ..... Bausatz (Universalreceiver) mit allen Bauteilen  
inkl. Platine und Display ..... 59,95  
100182-72 ..... 3 Bausätze im Set (Signalgenerator +  
Universalreceiver + aktive Antenne)  
inkl. USB-FT232R Breakout-Board ..... 119,95

**Thermometer mit Gottlieb®-Display**

110673-41 ..... Progr. Controller ATtiny2313-20PU ..... 9,95

März 2012 (Nr. 495)

**SDR mit AVR (1)**

100180-71 ..... Bausatz (Signalgenerator)  
mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... 29,95  
100181-71 ..... Bausatz (Universalreceiver)  
mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... 74,95  
100182-71 ..... Bausatz (aktive Antenne)  
mit allen Bauteilen inkl. Platine ..... 29,95  
100182-72 ..... 3 Bausätze im Set (Signalgenerator +  
Universalreceiver + aktive Antenne)  
inkl. USB-FT232R Breakout-Board ..... 119,95  
080083-71 ..... Bausatz (USB-AVR-Programmer)  
mit allen Bauteilen inkl. SMD-bestückter Platine ..... 32,00

110553-91 ..... USB/TTL-Konverter BOB (bestückt und getestet) ..... 15,00

**Sensible PC-Lüfter-Regelung**

100160-41 ..... Progr. Controller ATmega168PA-PU ..... 12,50

Februar 2012 (Nr. 494)

**AndroPod (1)**

110405-91 ..... Bestückte und getestete Platine  
mit RS485-Erweiterung ..... 59,95  
110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95  
110553-91 ..... USB/TTL-Konverter BOB (bestückt und getestet) ..... 15,00  
120103-92 ..... USB-Kabel Micro-B auf USB-A (1,8 m) ..... 3,95  
120103-94 ..... Netzadapter mit Micro-B-USB-Stecker 5V / 1A (5W) ..... 8,95

**Pico C-Plus und Pico C-Super**

110687-41 ..... Progr. Controller ATtiny2313-20PU (Pico C-Plus) ..... 4,95  
110687-42 ..... Progr. Controller ATtiny2313-20PU (Pico C-Super) ..... 4,95

**Zurück zu den Wurzeln (2)**

ELEX-1 ..... Experimentier-Platine Elex-1 Größe 1 ..... 5,50  
ELEX-2 ..... Experimentier-Platine Elex-2 Größe 2 ..... 9,95

Januar 2012 (Nr. 493)

**Interface für Breitband-Lambdasonde**

110363-41 ..... Progr. Controller ATmega8-16AU ..... 9,95

**Netzlup**

110461-41 ..... Progr. Controller AT89C2051-24PU, 50 Hz (Europa) ..... 9,95

**Hier kommt der Bus (11)**

110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95  
110258-1C3 ..... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95  
110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

**Audio-DSP-Kurs**

110002-71 ..... Teilbestückte Platine mit allen SMD-Bauteilen  
inkl. Steckverbindern und LED-Balkenanzeige ..... 49,95

Dezember 2011 (Nr. 492)

**USB-Stick am Mikrocontroller**

110409-1 ..... Platine ..... 10,95  
110409-41 ..... Progr. PIC24FJ64GB002-I/sp dil-28s ..... 14,95

**Hier kommt der Bus (10)**

110258-1 ..... Platine (Experimental-Knoten) ..... 5,95  
110258-1C3 ..... 3 x Platine (Experimental-Knoten) ..... 12,95  
110258-91 ..... USB/RS485-Konverter (bestückt und getestet) ..... 24,95

# Bestseller

Bücher

- 1 ➡ **Regelungstechnik**  
ISBN 978-3-89576-240-6 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80
- 2 ➡ **311 Schaltungen**  
ISBN 978-3-89576-255-0 ..... € 36,80 ..... CHF 45,70
- 3 ➡ **Digitale Logik selbst entwickeln**  
ISBN 978-3-89576-254-3 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80
- 4 ➡ **AVR-Programmierung 3**  
ISBN 978-3-89576-231-4 ..... € 46,00 ..... CHF 57,10
- 5 ➡ **Embedded Electronics 3**  
ISBN 978-3-89576-185-0 ..... € 49,00 ..... CHF 60,80

CD- & DVD-ROMs

- 1 ➡ **Elektor-DVD 2011**  
ISBN 978-90-5381-276-1 ..... € 27,50 ..... CHF 34,10
- 2 ➡ **Elektor-DVD 2010**  
ISBN 978-90-5381-267-9 ..... € 27,50 ..... CHF 34,10
- 3 ➡ **The Audio Collection 3**  
ISBN 978-90-5381-263-1 ..... € 21,50 ..... CHF 26,70
- 4 ➡ **Workshop-DVD 'FPGA'**  
ISBN 978-3-89576-259-8 ..... € 29,80 ..... CHF 37,00
- 5 ➡ **ECD 6**  
ISBN 978-90-5381-258-7 ..... € 29,50 ..... CHF 36,60

Bausätze & Module

- 1 ➡ **USB-FT232R Breakout-Board**  
Art.-Nr. 110553-91 ..... € 15,00 ..... CHF 18,60
- 2 ➡ **SDR mit AVR**  
Art.-Nr. 100182-72 ..... € 119,95 ... CHF 148,80
- 3 ➡ **Verbesserter Strahlungsmesser**  
Art.-Nr. 110538-71 ..... € 39,95 ..... CHF 49,60
- 4 ➡ **Pico C**  
Art.-Nr. 100823-71 ..... € 82,50 ... CHF 102,30
- 5 ➡ **USB/RS485-Konverter**  
Art.-Nr. 110258-91 ..... € 24,95 ..... CHF 31,00

Bestellen Sie jetzt einfach und  
bequem online unter

[www.elektor.de/shop](http://www.elektor.de/shop)



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



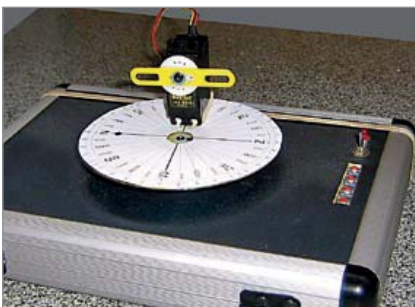
## Nixie-Thermo/Hygrometer

Projekte mit Nixie-Röhren stehen immer noch hoch im Kurs. Das sanfte Glimmen der Elektroden im Glaskolben scheint magische Anziehungskräfte zu haben. In der nächsten Ausgabe präsentieren wir ein kombiniertes Thermo- und Hygrometer, es misst die Temperatur und die Luftfeuchte. Zu den Komponenten gehören ein PIC-Mikrocontroller, ein Luftfeuchtesensor SHT21 sowie ein Step-up-Konverter mit einem Schaltregler MC34063. Und nicht zuletzt: Vier Nixies, die von TTL-ICs des legendären Typs 74141 angesteuert werden.



## Aquameter für Schwimmer

Jedem Jogger sind die Pedometer vertraut, kleine Geräte, die Schritte von Menschen oder auch Tieren zählen. Für Freunde des Schwimmsports gibt es, soweit uns bekannt, solches Zubehör noch nicht. Diese Lücke schließen wir mit dem „Aquameter“ (dies ist nur der vorläufige Name), der die Kopfbewegungen beim Schwimmen zählt. Der Aufwand ist gering, ein kleiner Mikrocontroller sowie ein Sensor, der auf Beschleunigungen reagiert, sind schon fast alles.



## Heliostat

Ein Heliostat ist ein Nachführsystem, das der Sonne am Himmel folgt. Solche und ähnliche Systeme wurden erdacht, um möglichst viel Sonnenenergie zu tanken, um Fotoserien von Planeten zu schießen oder um Parabolantennen auf Satelliten auszurichten. Einen Heliostaten stellen wir in der nächsten Ausgabe vor. Ein Mikrocontroller berechnet die Position der Sonne, abhängig vom Ort auf der Erde und von der Tageszeit. Mit den Positionsdaten werden zwei Servomotoren so gesteuert, so dass die Achse stets in Richtung Sonne zeigt.

Elektor Juni 2012 erscheint am 16. Mai 2012. Änderungen vorbehalten!

Elektor gibt es im Bahnhofsbuchhandel, Elektronik-Fachhandel, an ausgewählten Kiosken und garantiert beim Presse-Fachhändler. Sie können Elektor auch direkt bei [www.elektor.de](http://www.elektor.de) bestellen.

Änderungen vorbehalten!

[www.elektor.de](http://www.elektor.de) [www.elektor.de](http://www.elektor.de) [www.elektor.de](http://www.elektor.de) [www.elektor.de](http://www.elektor.de) [www.elektor.de](http://www.elektor.de) [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

## Elektor im Netz

Alle Magazin-Artikel ab 1996 können einzeln im PDF-Format heruntergeladen werden (gegen Elektor-Credits). Zu jedem Artikel findet man eine kurze Zusammenfassung, technische Daten und eine Stückliste (sofern vorhanden), was bei der Projektauswahl hilft. Dazu kommen eventuelle Updates/Berichtigungen und die Downloads zum Artikel (z.B. Software und Zusatzinfos). Auch die zum Projekt gehörenden Produkte wie Platinen, programmierte Controller und mehr lassen sich hier bestellen.

Im Elektor-Shop findet man alle anderen Angebote von Elektor, wie CD-ROMs, DVDs, Kits, Module, Software und Bücher. Mit der Suchfunktion können Sie die ganze Site nach Stichwörtern durchforsten.

### Ebenfalls unter [www.elektor.de](http://www.elektor.de):

- News aus der Elektronikwelt
- Leserforum
- Download des E-Magazins
- Spezialangebote (zeitlich begrenzt)
- FAQs, Inhaltsverzeichnisse und Kontaktformular





**CIRCUIT CELLAR**

# Subscribe Now!



Subscribe now to the leading computer applications magazine specializing in embedded systems and design!

**12 issues  
per year for just**

**Digital: \$50 :: Print: \$75 :: Combo (Print + Digital): \$110**

Select your personal subscription at  
**[www.circuitcellar.com/subscription](http://www.circuitcellar.com/subscription)**



## Endoskop-Systemkamera

Die Grundlage Ihrer Systemkamera ist der Sytemhandgriff ENDO KAM 4 mit 6,9 cm (2,7") HQ-Color-Display und Zoom-Darstellungsmöglichkeiten. Die SD-Karten-Aufnahmefunktion hält Ihre Beobachtungen bei Bedarf fest. Durch das robuste Gehäusedesign eignet sich dieses Gerät auch für den professionellen Anwender.

- Video-Ausgang
- robustes Einhand-Design
- OSD-Display

Lieferung ohne Kamerakopf

**99,95**  
**ENDO KAM 4**

## passende Kameraköpfe:

Bestellnummer:	Ø Kamerakopf	Auflösung
<b>ENDO KAM 4802</b> <b>49,95</b>	17mm	640 x 480 px
<b>ENDO KAM 4803</b> <b>59,95</b>	9mm	640 x 480 px
<b>ENDO KAM 4805</b> <b>79,95</b>	5,5mm	720 x 625 px
<b>ENDO KAM 4807</b> <b>79,95</b>	4,5mm	320 x 240 px

## Markenqualität • Top-Service • günstige Preise

[www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)

## Stromzange UT 203

AC/DC-Stromzange bis 400 A mit 28 mm Klemmendurchmesser.

- 3 3/4-stelliges Display 3999 (36 x 18 mm)
- Bereichswahl umschaltbar: manuell / Autorange
- AC/DC Strom- und Spannungsmessung, Widerstandsmessung, Frequenzmessung
- Diodentest, Durchgangsprüfung, Relativwertmessung
- Data Hold, Sleep Mode
- Sicherheit: IEC 61010, CAT. II 600V, CAT III 300V

**UT 203** **38,95**

## EvoMaxx XL Multifunktionsschneider

C60, 180mm  
 6 Funktionen in einer Zange.

- Flächenschneider
- Seitenschneider
- Ösen biegen
- absisolieren 1,5mm<sup>2</sup> und 2,5mm<sup>2</sup>
- Aderendhülsen crimpen 1,5mm<sup>2</sup> und 2,5mm<sup>2</sup>
- Abscheren von Messingschrauben M4 und M3,5

**OW 21-185 40RV** **25,95**

## Schraubendreher Micro-Bitsatz 30-teilig

Präzisions-Mini-Bits in praktischer Kassette mit „easy-Grip“ Schraubendrehergriff und Verlängerung in stabiler Kunststoffbox

- Kreuzschlitz (+)PH000-PH00-PH0-PH1
- Schlitz (-)1.0-1.5-2.0-2.5-3.0-3.5-4.0mm
- Kreuzschlitz Proziervite PZ0-PZ1
- Torx T4-T5-T6-T7-T8-T9-T10-T15-T20
- Sechskant H0.7-0.9-1.3-1.5-2.0-2.5-3.0-4.0mm

**MICRO BITSET** **9,95**

## Elektroniker Werkzeugsatz, 11-teilig

Praktische Werkzeugtasche mit Reißverschluss für übersichtliche Aufbewahrung und Transport

- 7 Schraubendreher mit Schutzisolierung: (-)2.5x75mm, 3.0x100mm, 5.5x125mm, 6.5x150mm (+)PH0x60mm, PH1x80mm, PH2x100mm
- Isolierter Seitenschneider 80 mm
- Isolierte Kombizange 95 mm
- Isolierte Spitzzange 80 mm Plus Spannungsprüfer

**VDE SET 1** **49,95**

## Digital-Speicher-Oszilloskop

Speicheroszilloskop mit hervorragenden Leistungsdaten und extra großem hintergrundbeleuchteten Farb-Display. Konzipiert für eine komfortable Benutzerfreundlichkeit mit einer äußerst schnellen Umsetzung der Messeingaben.

**349,00**  
**UTD 2052 CEL**

- Bandbreite: 50 MHz
- Anstiegszeit: <7 ns
- Sample Range: 1 GS/s
- Hor. Zeitbasis: 2ns ~ 50s/div
- Vert. Empfindl.: 1mV ~ 20V/div
- Datellänge (max.): 2 x 600k
- 17,8 cm / 7" Display-Diagonale
- 800 x 480 Display-Auflösung
- Inkl.: 2 Tastköpfe (1x/10x), USB-Kabel, Software, Netzkabel, Anleitung.



## Surfen Sie gleich los!

Mehr zum Thema Messtechnik & Werkstattbedarf finden Sie in unserem Online-Shop.

Einfach Kurzlink eingeben oder QR-Code per Smartphone scannen:

<http://rch.it/36>



## DUSPOL digital LC

Digital Spannungsprüfer mit Drehfeldanzeige und Lastzuschaltung. IP 64

- 3-stelliges LC-Display mit Beleuchtung
- Lastzuschaltung sowie 30mA FI-Auslösung über Taster
- Durchgangs-, Drehfeld-, Phasen-, Polaritätsprüfung
- Anzeigezustufen: 6V - 750V
- Vibrationsalarm
- IEC/EN 61243-3 (DIN VDE 0682-401)

**DUSPOL DIGITAL** **79,95**

**BENNING**



## Infrarot Thermometer

Berührungslose Temperaturmessung an heißen oder bewegliche Messobjekten aus der Distanz. Durch den zuschaltbaren Laserpointer lässt sich das Ziel sicher anvisieren. Die Min/Max Funktion sorgt für eine komfortable Messwerterfassung. Mit hintergrundbeleuchtetem Display mit Low-Bat Anzeige und Sleep-Modus.

- Temperaturbereich: -18°C ... 380°C
- Entfernung / Messpunkt: 10:1
- Festwertemission: 0,95
- Messgenauigkeit: ±2°C oder ±2%
- Auflösung: 0,1°C

Bestellnummer:

**UT 300B** **28,55**

**UNI-T.**



## Dieses Universal-Multimeter setzt neue Maßstäbe!

Mit seiner hohen Genauigkeit, seinen beeindruckenden Leistungsmerkmalen, seiner Bedienungsfreundlichkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit setzt das Fluke 175 neue Maßstäbe auf dem Gebiet der Universal-Multimeter.

- Echteffektivmessung: Spannung, Strom
- Grundgenauigkeit: 0,15 %
- Auflösung: 6.000 Digits
- Display Hold und Auto Hold
- Frequenz- und Kapazitätsmessung
- Widerstandsmessung, Durchgangsprüfung, Diodentest
- Manuelle und automatische Bereichswahl

**FLUKE 175**

**199,00**

**FLUKE**

**EN 61010-1**  
**CAT III 1000 V**  
**CAT IV 600 V**

**Lebenslange Gewährleistung**  
 Damit Ihr Fluke Messgerät immer einsatzbereit ist



**Katalog kostenlos!**

Tagesaktuelle Preise:  
[www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)

