



# elektor

LEARN

DESIGN

SHARE

## Kits für Ein- und Umsteiger Boards ab 6 Euro, gratis Entwicklungstools



### NCSA

Oszi, Spektrum-Analyser,  
Signalgenerator



### Universeller

JTAG-Programmer-  
und Debug-Adapter



### Regenmesser

mit Drucksensor  
und Arduino



**In dieser Ausgabe:**  
4 Labor-Projekte  
2 Leser-Projekte  
1 Review  
1 Markt-Überblick  
und mehr...

**Universelle Netzteilplatine** – mit drei konfigurierbaren Ausgangsspannungen •

**Review:** Arduino/Genuino 101 • **Platino** – Multifunktionsboard mit Verbesserungen

• **Bockige Buck-Konverter** gezähmt • **Web-**

**Recherche:** Kluge Kniffe für das SMD-Löten •

**Retronik:** Mini-Rekorder Nagra SN • **NFC-Tag-Experimente:**

Mit Arduino und Sketch • **DCF-Emulator, Gitarren-**

**Vorverstärker:** Neues von Elektor-Labs.com •

**Tipps und Tricks von Lesern**



# Intelligentes Design

beginnt mit Intelligent Analog PIC® MCUs



Analogdesign ist schwierig und kostet wertvolle Entwicklungszeit. Microchips intelligente PIC® MCUs enthalten Analogfunktionen wie leistungsfähige Analog-zu-Digital-Wandler, Digital-zu-Analog-Wandler und Operationsverstärker. Damit stehen unkomplizierte Schnittstellen zur Verfügung, die das Analogdesign vereinfachen. Als Single-Chip-Lösung reduzieren die MCUs das Systemrauschen, sorgen für einen höheren Durchsatz, verkürzen die Entwicklungsdauer und senken die Kosten.

## Anwendungen

- ▶ Umgebungssensoren
- ▶ Tragbare medizinische Geräte
- ▶ Industrielle Ausrüstung
- ▶ Leistungswandlung
- ▶ Effiziente Antriebssteuerung
- ▶ Beleuchtung
- ▶ Leistungsmessung und -überwachung
- ▶ Energy-Harvesting-Ausrüstung
- ▶ Solar-Wechselrichter



**microchip**  
**DIRECT**  
www.microchipdirect.com

 **MICROCHIP**

[www.microchip.com/get/euintelligentanalog](http://www.microchip.com/get/euintelligentanalog)

## Impressum

47. Jahrgang, Nr. 543

März 2016

Erscheinungsweise: 10 x jährlich

(inkl. Doppelhefte Januar/Februar und Juli/August)

## Verlag

Elektor-Verlag GmbH

Kackertstraße 10

52072 Aachen

Tel. 02 41/955 09 190

Fax 02 41/955 09 013

Technische Fragen bitten wir per E-Mail an [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de) zu richten.

## Hauptsitz des Verlags

Elektor International Media

Allee 1, NL-6141 AV Limbricht

## Anzeigen:

Margriet Debeij (verantwortlich)

Tel. 02 41/955 09 174 / Fax 02 41/955 09 013

Mobil: +31 6 510 530 39

E-Mail: [margriet.debeij@eimworld.com](mailto:margriet.debeij@eimworld.com)

Julia Grotenrath

Tel. 02 41/955 09 177 / Fax 02 41/955 09 013

E-Mail: [julia.grotenrath@eimworld.com](mailto:julia.grotenrath@eimworld.com)

*Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 45 ab 01.01.2015*

## Distribution:

IPS Pressevertrieb GmbH

Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

Tel. 0 22 25/88 01-0

Fax 0 22 25/88 01-199

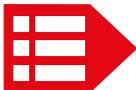
E-Mail: [elektor@ips-pressevertrieb.de](mailto:elektor@ips-pressevertrieb.de)

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingegangene 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.

© 2016 elektor international media b.v.

Druck: Senefelder Misset, Doetinchem (NL)

ISSN 0932-5468



## Ihre Hinweise und Ideen

Von meinem Vorgänger habe ich mir abschauen dürfen, dass Redakteur sein bei Elektor mehr bedeutet als nur Texte in Form bringen, Bilder auswählen und Messen besuchen. Es ist auch viel Herzblut für das schöne Thema „Elektronik“ und die Leser gefragt, die uns teilweise schon seit Jahrzehnten die Treue halten. Mit Hingabe (und einer Menge unbezahlter Überstunden) hat sich Ernst Krempelsauer den vielen Lesermails gewidmet, die uns erreichten. Am Ende eines „Heft-Zyklus“ war es dann eine schöne Tradition, dass er daraus die 2- bis 3-seitige Rubrik „Mailbox“ extrahierte.

Der Aufgabenbereich von uns Redakteuren hat sich inzwischen stark erweitert. Wir müssen auch an die Zukunft denken und mehr machen als „nur“ eine Zeitschrift, wenn wir langfristig das schöne Elektor-Konzept sichern wollen: Nämlich Wissen von Elektronikern für Elektroniker aufzubereiten und weiterzugeben. Da habe ich Glück, mit Ralf Schmiedel einen tatkräftigen Freelancer für den Leserservice gefunden zu haben. Und wir bekommen immer noch viele Fragen, aber auch viele sehr hilfreiche Hinweise zu bereits veröffentlichten Artikeln. Daher haben wir unsere Rubrik „Projekt 2.0“ (ursprünglich nur für Korrekturen und Projekt-Updates gedacht) um Leserbriefe erweitert. In diesem Heft finden Sie vier davon, und Ralf hat bereits eine Liste mit weiteren Leser-Hinweisen vorbereitet.

Wenn auch Sie uns Ihre Ideen und Erfahrungen mitteilen wollen, dann zögern Sie nicht und schreiben eine Mail an [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de)!

## Jens Nickel

Chefredakteur Elektor

## Unser Team

Chefredakteur:	Jens Nickel (v.i.S.d.P.) ( <a href="mailto:redaktion@elektor.de">redaktion@elektor.de</a> )
Ständige Mitarbeiter:	Dr. Thomas Scherer, Rolf Gerstendorf
Leserservice:	Ralf Schmiedel
Korrekturen:	Malte Fischer
Internationale Redaktion:	Thijs Beckers, Jan Buiting, Mariline Thiebaut-Brodier
Elektor-Labor:	Harry Baggen, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Denis Meyer, Jan Visser, Clemens Valens
Grafik & Layout:	Giel Dols

- 3 Impressum
- 6 Das Elektor-Netzwerk
- 20 News
- 22 Erste Schritte mit dem NFC-Tag ST25TA  
Mit Arduino und Sketch
- 80 Elektor World News
- 82 Hexadoku  
Sudoku für Elektroniker

## LEARN

## DESIGN

## SHARE

- 8 Willkommen bei LEARN
- 9 Tipps und Tricks  
Von Lesern für Leser
- 10 Spaziergang durch die Welt der Boards  
Starterkits für Einsteiger

### Hinweis der Redaktion:

Den 3. Teil der Serie „Windows auf dem Raspi“ finden Sie in der nächsten Ausgabe (April 2016).

## LEARN

## DESIGN

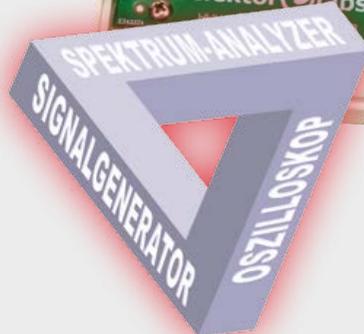
## SHARE

- 29 Willkommen bei DESIGN
- 30 NCSA – der Network Connected  
Signal Analyzer (1)  
dsPIC33 + W5500 = Oszilloskop, Spektrum-  
Analyzer und Signalgenerator
- 38 Niederschlagsmesser  
Mit Drucksensor MPXV5004D und Arduino
- 45 Universeller JTAG-Programmer-  
& Debug-Adapter  
Für unterschiedliche Mikrocontroller
- 50 Platino, die Rückkehr  
Multifunktionsboard verbessert
- 58 Universelle Netzteil-Platine  
Mit drei konfigurierbaren Ausgangsspannungen

In den letzten Jahren ist der Markt der Controllerboards immer weiter gewachsen. Dies hat Vor- und Nachteile. Es fällt schwerer, einen Überblick zu bekommen, aber man hat viel mehr Möglichkeiten und durch den Wettbewerb sind auch die Preise gefallen. Wir haben einen kleinen Überblick zusammengestellt, der natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Dabei sind 8-bit-Boards genauso wie Kits, die den Start in die 32-bit-Welt erleichtern.

# 10

## SPAZIERGANG DURCH STARTERKITS

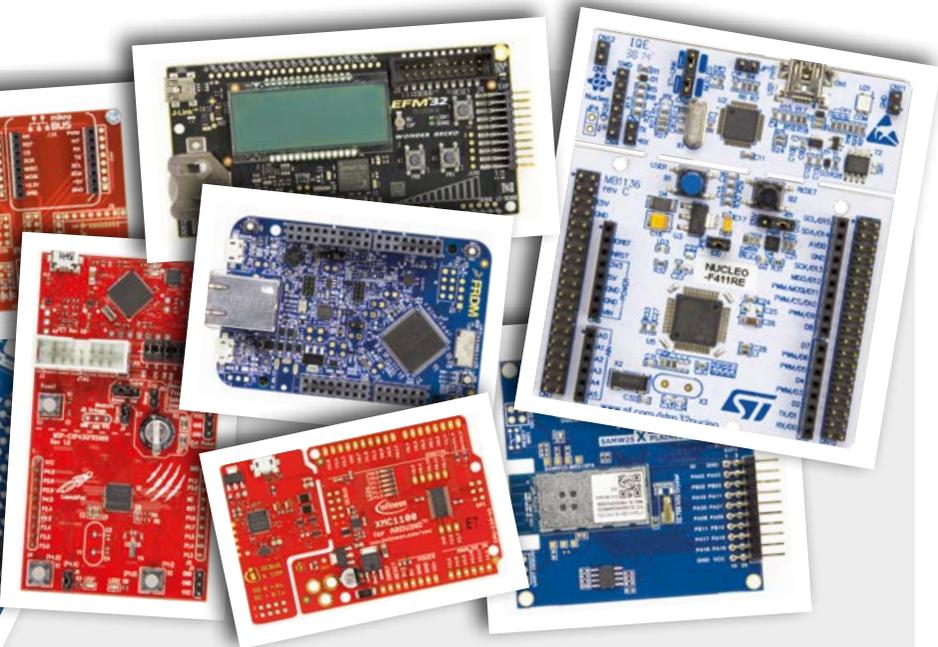


# 30

## NETWORK CONNECTED SIGNAL ANALYZER (1)

### DSPIC33 + W5500 = OSZILLOSKOP, SPEKTRUM-ANALYZER UND SIGNALGENERATOR

Wer gerne ein Oszilloskop, einen einfachen Signalgenerator und einen Spektrum-Analyzer in seinem Elektronik-Labor haben möchte, der wird an diesem preiswerten NCSA (= Network Connected Signal Analyzer) Freude haben. Ein einfach bedienbares PC-Programm mit grafischer Benutzeroberfläche und ein Frontend mit dsPIC33 spielen bei diesem Projekt gewinnbringend zusammen.

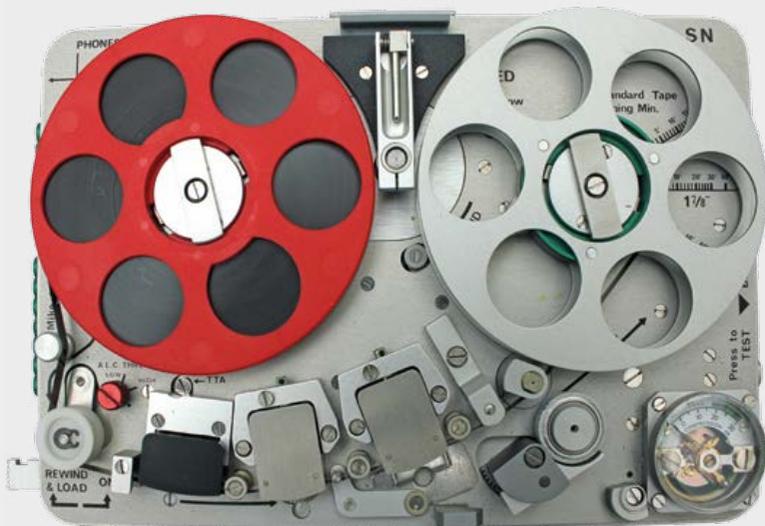


## DIE WELT DER BOARDS FÜR EINSTEIGER

### NAGRA SN: Kleines Helferlein der Geheimdienste EINE BESONDERER REKORDER FÜR HEIMLICHE AUFZEICHNUNGEN

James Bond wäre wohl neidisch: Auf den ersten Blick sieht das Ding wie ein Kinderspielzeug aus, doch bei näherer Betrachtung entpuppt es sich als Audiorekorder, auf den selbst Q stolz gewesen wäre. Damit konnte man sogar schon synchron zu einem Film aufzeichnen.

# 76



## Vorschau

### Opamp myDAQ-Minikit

Diese Erweiterungsplatine für die Messplattform myDAQ ist für alle gedacht, die sich fundiert mit analoger Signalverarbeitung beschäftigen wollen. Mit der zugehörigen Anwendung, die in LabVIEW geschrieben ist, lassen sich beispielsweise analoge Filter entwerfen.

### Leditron 7-Segment-Display

Dieses Display verwendet trendige LED-Filamente, um Ziffern anzuzeigen. Ob als leuchtende Hausnummer oder Spielstandsanzeige – so ein 7-Segment-Display hat garantiert noch nicht jeder gesehen.

### Arduino-Laufschrift

Hier kommt wieder ein Arduino-Projekt fürs Auge: Die einfach programmierbare Controller-Plattform wird genutzt, um auf einer 16x16-LED-Matrix eine Laufschrift anzuzeigen. Ein kostenloses Tool macht das Umsetzen von Buchstaben in Code einfach.

Änderungen vorbehalten.

Elektor April 2016 erscheint am 23. März 2016.

Verkaufsstellen findet man unter [www.pressekaufen.de](http://www.pressekaufen.de).

# Die Elektor-Community

LEARN

DESIGN

SHARE

Elektor durchbricht die Schranken einer Zeitschrift und wird zur Community aktiver E-Ingenieure - vom Anfänger bis zum Profi – begierig, überraschende Elektronik zu lernen, zu entwickeln, zu teilen.



**Elektor-Shop:** 24 Stunden an 7 Tagen der Woche für jeden Elektroniker geöffnet! Dauerhafter Rabatt von 10% für alle GOLD- und GREEN-Mitglieder. [www.elektor.de](http://www.elektor.de)



**Elektor-Zeitschrift:** 10 Ausgaben pro Jahr voll gepackt mit Elektronik-Projekten, Artikeln, Besprechungen, Tipps und Tricks. [www.elektormagazine.de](http://www.elektormagazine.de)



**Elektor-Platinen-Service:** Bestellung von Platinen als Einzelstück oder Kleinserie. [www.elektorpcbservice.de](http://www.elektorpcbservice.de)



**Elektor wöchentlich & papierlos:** Wöchentlicher digitaler Newsletter. Kostenlos und aktuell. [www.elektor.de/newsletter](http://www.elektor.de/newsletter)



**Elektor Academy:** Webinare, Seminare, Präsentationen, Workshops, DVDs und mehr = praxisorientiertes Lernen. [www.elektor-academy.com](http://www.elektor-academy.com)



**Elektor-Bücher & DVDs:** Arduino, Raspberry Pi, Mikrocontroller und vieles andere mehr. Im Online-Shop mit 10% Rabatt für Mitglieder! [www.elektor.de/bucher](http://www.elektor.de/bucher)



**Elektor.TV:** Reviews, Eindrücke, Unboxings und persönliche Journale. Anschauen heißt Erfahrung sammeln. [www.elektor.tv](http://www.elektor.tv)



**Elektor-Labs:** Eigene Projekte vorstellen – von Anderen lernen – Anderen helfen und mit Anderen teilen. Elektor macht mit und testet Ihre Ideen! [www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com)

## Treten Sie dem weltweit größten Elektroniker-Netzwerk bei!

### GREEN 1,78 €/Woche

- ✓ Zugang zum Elektor-Archiv
- ✓ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
- ✓ 10x Elektor jährlich (Digital)
- ✗ 10x Elektor jährlich (Print)
- ✓ Exklusive Top-Angebote
- ✓ Zugang zu elektorlabs
- ✓ Elektor Jahrgangs-DVD



[www.elektor.de/green-mitglied](http://www.elektor.de/green-mitglied)

### GOLD 2,45 €/Woche

- ✓ Zugang zum Elektor-Archiv
- ✓ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
- ✓ 10x Elektor jährlich (Digital)
- ✓ 10x Elektor jährlich (Print)
- ✓ Exklusive Top-Angebote
- ✓ Zugang zu elektorlabs
- ✓ Elektor Jahrgangs-DVD

[www.elektor.de/gold-mitglied](http://www.elektor.de/gold-mitglied)

### GRATIS

- ✗ Zugang zum Elektor-Archiv
- ✗ 10% Rabatt auf Shop-Produkte
- ✗ 10x Elektor jährlich (Digital)
- ✗ 10x Elektor jährlich (Print)
- ✓ Exklusive Top-Angebote
- ✗ Zugang zu elektorlabs
- ✗ Elektor Jahrgangs-DVD

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



78

Länder

246853

Mitglieder

1031

Experten & Autoren

479

Literatur

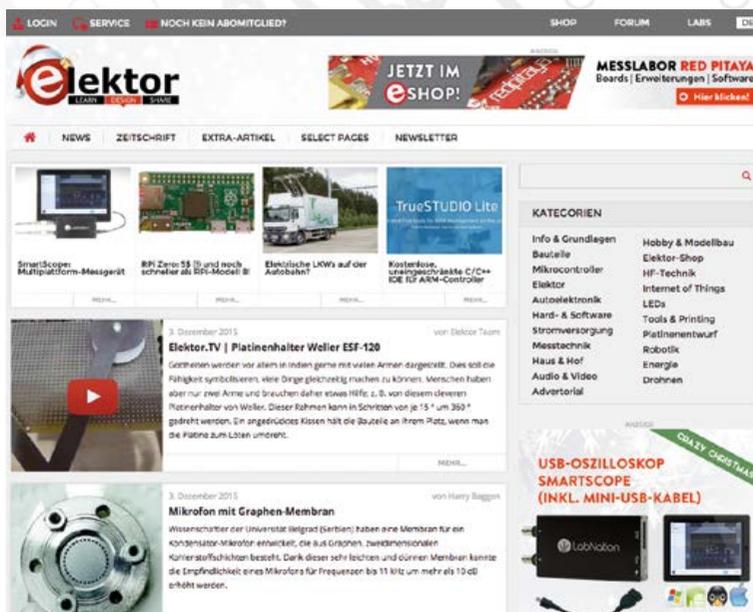
233628

Monatliche Besucher

# www.elektormagazine.de

## Eine ganze Welt mit Elektronik-News

Elektroniker entdecken eine ganze Welt mit Projekten, News, Videos und mehr auf unserer neu überarbeiteten Website. Rechts oben kann man einfach die Sprache auswählen. Zur Wahl stehen Deutsch, Englisch, Französisch und Niederländisch. Die intelligenten Such-Tools erleichtern das Auffinden von Artikeln und weiterführender Information. Registrieren Sie sich als GREEN- oder GOLD-Mitglied; mit Ihrem persönlichen Login haben Sie vollen Zugriff auf den Online-Shop inklusive vieler Extras. Hier können Sie auch Ihren Account überarbeiten – und das gilt auch für Ihre Mitgliedschaft, das gedruckte Heft und den Newsletter *Elektor*.



# Elektor : wöchentlich & papierlos

## Ein wöchentlicher Newsletter vollgepackt mit Information

Mehr als 120.000 Elektroniker haben bereits ein Abonnement unseres kostenlosen *Elektor-Newsletters*. Jede Woche gibt es hier News, Tipps, Trends und mehr direkt in ihrem digitalen Briefkasten. Außerdem erhalten Sie so Zugriff auf weitere exklusive Projekte, Spezialangebote und Rabatte für den Online-Shop.

Registrieren Sie sich noch heute:  
[www.elektor.de/newsletter](http://www.elektor.de/newsletter)



# Willkommen bei **LEARN**



Von **Jens Nickel**

## Mein Weg ins IoT

In der letzten Ausgabe habe ich berichtet, dass wir wichtige Elektronik-Sachgebiete unter uns Redakteuren aufgeteilt haben. Und dass das Lernen für uns hier niemals aufhören wird. Wie wahr: Zu meinen Gebieten gehört ja das „Internet of Things“. Viel hatte ich darüber gelesen und auf Messen gehört, doch es war wirklich schwierig, einen Überblick zu bekommen. Es gibt einen riesigen Baukasten aus Protokollen, Spezifikationen und Diensten, die wiederum zu verschiedenen IoT-Lösungen kombiniert werden können. Welche hiervon sind für unsere Leser besonders interessant? Was eignet sich für (einfachere) Steuer-, Mess- und Regel-Aufgaben, wie zum Beispiel die Hausautomatisierung? Wo sind die Hürden für eigene Entwicklungen nicht allzu groß, sowohl

vom Verständnis als auch von den Kosten her? Ich würde hier nur weiterkommen, wenn ich mich zuerst auf einige Protokolle konzentrierte, die mir gebräuchlich erschienen. Das klassische TCP/IP, mit dem auch Webseiten ins Haus gelangen, war sicher eine gute Basis. Und auch das darauf aufsetzende MQTT (das zum Beispiel vom bekannten „WunderBar“ genutzt wird) schien besonders interessant zu sein. Aus Erfahrung wusste ich aber, dass man mit dem reinen Studieren von Spezifikationen allein nicht weiterkommt. Man muss das Ganze auch einmal praktisch ausprobieren, um etwa das Stoßen an Stolpersteinen am eigenen Leib zu erfahren. Und so begann mein Weg in das IoT, auf dem Sie mich unter [www.elektormagazine.de](http://www.elektormagazine.de) begleiten können. Die Folgen der Serie erscheinen (nicht ganz regelmäßig, aber fast) auch in unserem wöchentlichen Newsletter. Weblinks auf interessante IoT-Seiten oder andere Wegweiser sind natürlich willkommen: Schreiben Sie mir unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de)!

APP	HTTP		MQTT, ....	
	TCP		UDP	
NETWORK	IPv6/IPv4			
PHY/MAC	6 LoWPAN	WIFI	ETHERNET	2G/3G/4G
	IEEE 802.15.4			

## Der Messenger

Langjährige Leser wissen, dass ich schon vor einigen Jahren die Idee hatte, für unsere Mitglieder einen kleinen Messenger-Server aufzusetzen. So eine Relaisstation für Nachrichten macht es einfach, eine eigene Anwendung im beliebten Bereich „Messen /Steuern via Internet“ zu entwickeln. Ein gewisses Maß an Sicherheit sollte durch den Mitglieder-Login gewährleistet werden. Doch das ist einer der Gründe, warum wir den Messenger leider nie bis zu Ende entwickeln konnten, denn unsere Mitglieder-Datenbank wurde inzwischen auf ein anderes Fundament gesetzt. Doch die Idee ist nicht tot – sie hat wie viele unserer Ideen nur zwischendurch ein kleines Nickerchen gemacht ;-). Wir diskutieren gegenwärtig wieder, wie sich so etwas realisieren ließe, als besonderer Service für unsere Leser. Eine Basis könnte etwa das verbreitete Protokoll MQTT sein. Wie immer möchte ich Sie dazu aufzurufen, mir unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de) Ihre Meinung mitzuteilen. Möchten Sie eine einfache Möglichkeit haben,



kleine Nachrichten weiterzuleiten, zum Beispiel vom Smartphone zu eigener Elektronik irgendwo auf der Welt? Oder vielleicht auch Nachrichten mit anderen Usern auszutauschen? Und sollte Elektor hier eine eigene Lösung entwickeln oder lieber etwas unterstützen, das es bereits gibt? ◀

(150665)

# Tipps und Tricks

## Von Lesern für Leser

Hier kommt wieder eine clevere Lösung, die das Elektronikerleben leichter macht.



### Duo-LED an einem Portpin

Von Ralf Schmiedel

In Mikrocontroller-Schaltungen sind Pins fast immer knapp. Mit diesem Trick lässt sich eine Duo-LED, die drei Farben anzeigen kann, über einen einzigen Portpin ansteuern. In der angegebenen Dimensionierung ist die Schaltung für 5 V Vcc ausgelegt.

Die Farbe, in der die Duo-LED leuchtet, wird durch den Zustand des Portpins bestimmt, siehe Tabelle.

Das Ganze funktioniert, da die in Duo-LEDs verbauten grünen und roten LEDs unterschiedliche Durchlassspannungen besitzen.

Die Durchlassspannung ( $U_F$ ) beträgt bei roten Leuchtdioden typisch 1,6 V; bei grünen LEDs liegt sie typischerweise im Bereich 2,2..2,3 V.

Betrachten wir zuerst den Fall des Portpins auf **high**: An der Anode der roten LED liegt etwa Vcc an, die gemeinsame

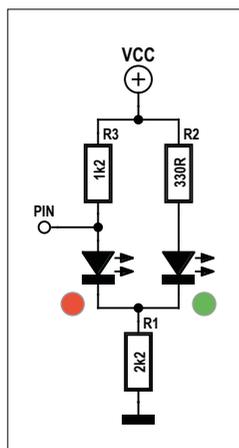


Tabelle 1.

Port	Farbe
High	Rot
Low	Grün
Hochohmig (Port deaktiviert oder Eingang)	Gelb

Kathode der Duo-LED liegt entsprechend auf  $V_{cc} - U_{F_{Rot}} = 3,4$  V. Die rote LED leuchtet ( $I_{Rot} = (V_{cc} - U_{F_{Rot}}) / R1$ ).

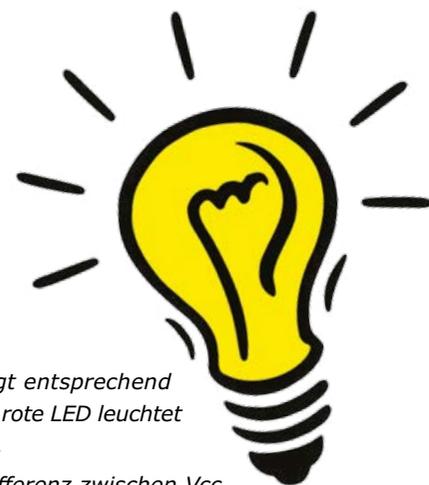
Da aber die Spannungsdifferenz zwischen Vcc und der gemeinsamen Kathode der LEDs weniger als 2,2 V beträgt, fließt kein Strom über die grüne LED.

Bei einem Portpin auf **low** liegt die Anode der roten LED nahe 0 V, an der Kathode liegt die Spannung über R1 an. Damit ist die rote LED in Sperrrichtung gepolt, die LED bleibt dunkel. Es fließt nun aber ein Strom von Vcc über R2, die grüne LED und R1 nach GND:  $I_{Grün} = (V_{cc} - U_{F_{Grün}}) / (R2 + R1)$ .

Zum Schluss schauen wir uns den Fall des **hochohmigen** Portpins an. In der dargestellten Dimensionierung für 5 V sind die Widerstände R3 und R2 so bemessen, dass ein etwa gleicher Strom über die LEDs und R1 nach Masse fließt. Beide LEDs leuchten, es ergibt sich Gelb als Mischfarbe des Lichtes.

Es lassen sich also die typischen Betriebszustände vieler Schaltungen mit den drei Farben Grün, Gelb und Rot darstellen. Durch Takten des Ports und somit wechselnde Farben könnte man aber noch weitere Zustände darstellen.

Einen kleinen Nachteil hat die Schaltung: Es fließt immer ein Strom, wenn Spannung anliegt, auch wenn der Controller in den Schlafmodus geht. ◀



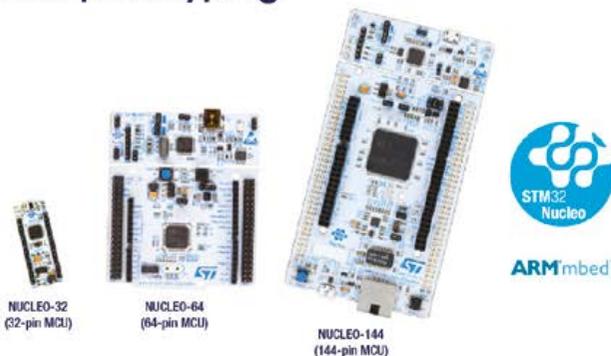
Sie haben selbst eine clevere Lösung für etwas wirklich Fummeliges? Wenden ein Bauteil oder Werkzeug auf ungewöhnliche Weise an? Haben eine Idee, wie man ein Problem einfacher oder besser angehen könnte, als das bisher gelöst wurde? Schreiben Sie uns – für jeden Tipp, den wir veröffentlichen, loben wir 40 Euro aus!

(150666)



Anzeige

## Flexible prototyping



STM32 Nucleo  
open development  
platform bietet mehr  
Vielfalt

[www.st.com/stm32nucleo](http://www.st.com/stm32nucleo)



# Ein Spaziergang durch die Welt der Boards

Von Viacheslav Gromov

## Starterkits für Einsteiger

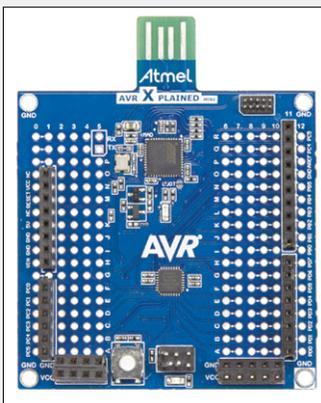
In den letzten Jahren ist der Markt der Controllerboards immer weiter gewachsen. Dies hat Vor- und Nachteile. Es fällt viel schwerer, einen Überblick zu bekommen, aber es gibt viel mehr Möglichkeiten und durch den Wettbewerb sind auch die Preise gefallen. Wir haben hier einen kleinen Überblick zusammengestellt, der natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Dabei sind 8-bit-Boards genauso wie Kits, die den Start in die 32-bit-Welt erleichtern.

Unsere Übersicht der interessantesten Boards und Einsteiger-Kits verschiedener Hersteller umfasst universelle MCU-Familien, die in unseren Breitengraden einfach zu bekommen sind, aber - zugegeben - auch der eine oder andere Exot ist dabei. Das macht das Ganze noch interessanter! Und natürlich darf ein Blick auf die dazugehörigen Software-Tools nicht fehlen. Die

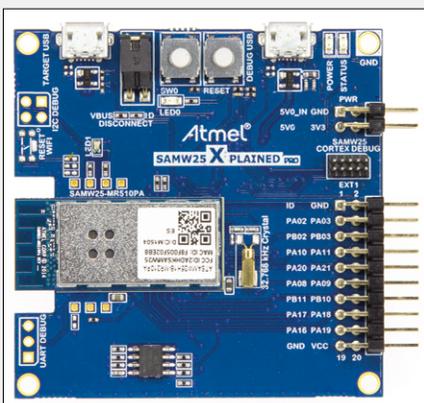
herstellerunabhängigen Entwicklungsumgebungen wie zum Beispiel von Keil oder IAR sind als Vollversion nicht gerade billig, es werden aber kostenlose Versionen mit Codebegrenzung angeboten. Die Hersteller stellen allerdings selbst oft kostenlose Entwicklungswerkzeuge zur Verfügung, auf diese haben wir unser Hauptaugenmerk gerichtet.

### Atmel

Der im Silicon Valley beheimatete Hersteller Atmel ist vielen Controller-Fans von der 8-bit-AVR-Familie [1] bekannt – eine feste Größe in der 8-bit-Welt, in die der Einstieg auch leicht fällt. Bisher waren die Starter-Kits STK500 und STK600 sehr populär, doch mittlerweile sind die Xplained-Mini-Boards (als kleine Brüder der empfehlenswerten und seit kurzem auch von der Mbed-IDE unterstützten Xplained-Pro-Boards) [2] für unter 15 € erhältlich. Sie sind sowohl mit AVR- als

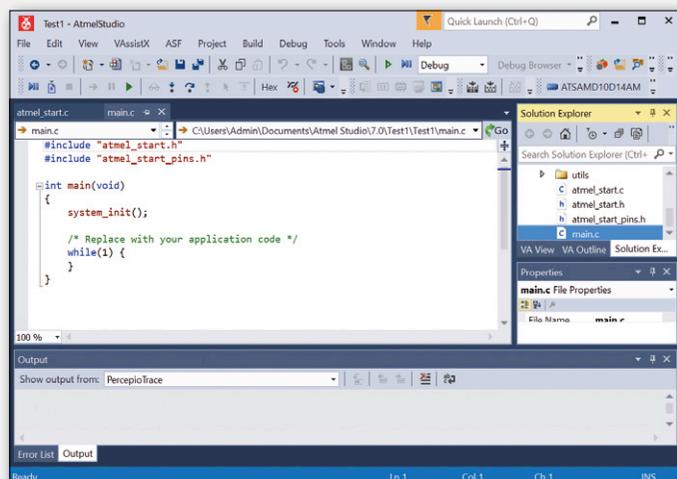


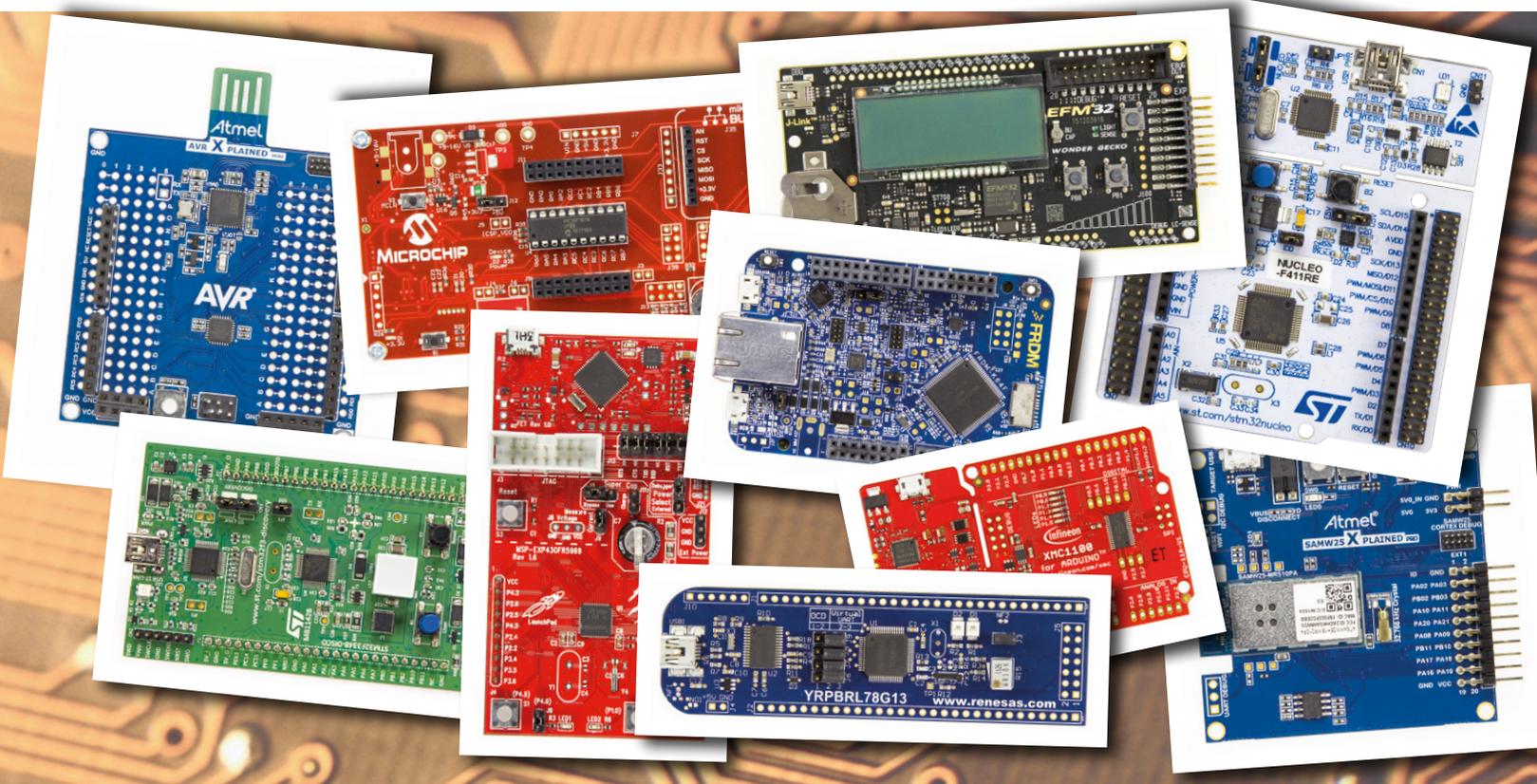
auch mit 32-Bit-ARM-Cortex-M0+MCUs zu haben. Sie verfügen stets über den USB-Embedded-Debugger (EDBG) sowie zwei Platinenrasterfelder für eigene Anwendungen. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, zwei Buchsenleisten im Ardui-



no-R3-Format aufzulöten, um zum Beispiel verschiedene Arduino-Shields benutzen zu können.

Bislang gibt es fünf verschiedene Typen dieser Board-Familie: ein Board mit ATmega168 beziehungsweise ATmega168PB, eines mit ATmega328P/PB und schließlich eines mit einem SAMD10-Mikrocontroller. Die MCUs mit dem Suffix ...B besitzen einige Zusatzfunktionen wie Capacitive Touch (QTouch) sowie verbesserte Peripherielemente. Den ATmega328 (20 MHz, 32 KB Flash, 1 KB EEPROM, 2 KB RAM) kennen Sie bestimmt vom Arduino Uno. Der ATmega 168 ist gleich aufgebaut, verfügt aber über jeweils halb so viel Speicher. Falls Sie in die 8-bit-AVR-Welt einsteigen möchten, eignet





sich dazu das **ATmega 328PB AVR Xplained Mini Board**, da dieser Mikrocontroller alles hat, was man braucht (ADC, Schnittstellen, Timer usw.) und damit die ganze AVR-Familie hervorragend repräsentiert. Möchten Sie dagegen in die Welt der „Atmel SMART SAMD 32-Bit-ARM-Cortex-M0+“ einsteigen, ist das Xplained-Mini-Board mit dem kleinen ATSAMD10 die richtige Wahl. Seit neuestem gibt es übrigens auch den SAM W25, also einen 32-Bit-ARM-Cortex-M0+ SAM-D21 mit WLAN-Unterstützung. Dieser ist auf dem SAMW25-Xplained-

Pro-Board verbaut [3].

Alle hier vorgestellten Atmel-Boards lassen sich mit dem Atmel Studio [4] programmieren, eine kostenlose und einfach zu bedienende Entwicklungsumgebung. Viele nützliche Bibliotheken und vorbereitete Programmabschnitte sind im darin integrierten Atmel Software Framework (ASF) zu finden. Mit dem Online-Tool Atmel START [5] lässt sich ebenfalls ein Projekt mit passenden Bibliotheken generieren.

### Weblinks

[1] [www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/](http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/)

[2] <http://developer.mbed.org>

[3] [www.atmel.com/tools/ATSAMW25-XPRO.aspx](http://www.atmel.com/tools/ATSAMW25-XPRO.aspx)

[4] [www.atmel.com/microsite/atmel-studio/](http://www.atmel.com/microsite/atmel-studio/)

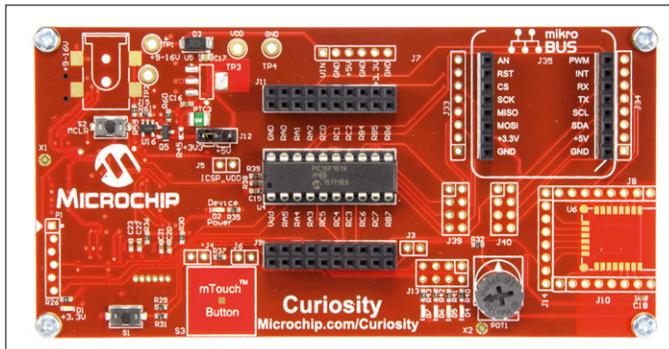
[5] <http://start.atmel.com>

## Microchip

Der Halbleiterhersteller Microchip aus Arizona ist mit seiner PIC-MCU-Familie [6] ähnlich bekannt wie Atmel mit AVR. Es gibt drei grundlegende Subfamilien von PICs: PIC1x mit 8 bit, (ds)PIC2x/3x mit 16 bit und PIC32 mit 32 bit. Die 8-bit-PIC1x-Familie dürfte Ihnen geläufig sein. Sie kann mit bis zu 64 MHz getaktet werden und verfügt über alle Eigenschaften, die man zum Einstieg in die Mikrocontrollerwelt benötigt. Sie ist stromsparend, bietet ausreichend Leistung und Peripherie und ist oft noch in prototyp-freundlichen DIP-Gehäusen zu bekommen.

Die 16-bit-MCUs sind deutlich leistungsfähiger. Sie verfügen über mehr Peripherie (auch in Bezug auf die Schnittstellen) und liefern dank DMA und anderer zusätzlicher Bestandteile auch in der digitalen Signalverarbeitung starke Leistungen ab. Die besonders auf DSP-Anwendungen ausgelegten Mikrocontroller heißen dsPICs. Dank der verfügbaren Bibliotheken sind die 16-bit-PICs auch für die Motoransteuerung gut aufgestellt.

Die Spitze des PIC-Eisbergs stellt die PIC32 32-bit-Familie dar, die noch besser ausgestattet ist (zum Beispiel für Audio-An-



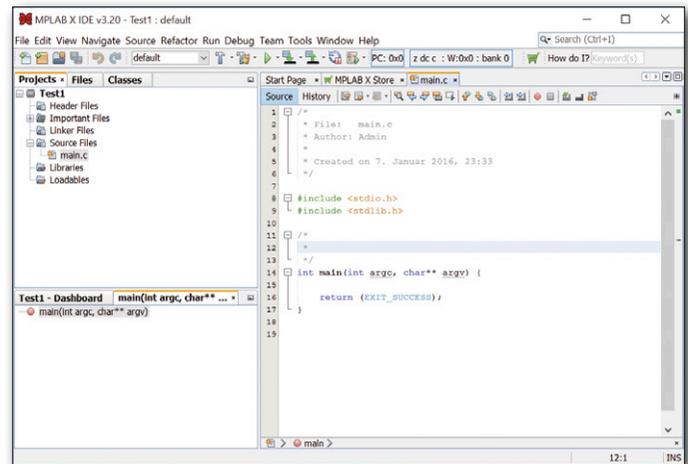
wendungen). Diese MCUs können bis zu 2 MB Flash-Speicher enthalten sowie mit Taktfrequenzen bis zu 200 MHz arbeiten. Aber zurück zu den sehr leicht zu zählenden 8-bit-Mikrocontrollern. Dazu gibt es schon seit längerem das ungefähr 80 € teure **PICKit 3 Starter Kit** [7], bestehend aus dem USB-PICKit3-Debugger mit USB-Kabel sowie einer Platine, auf die man die beiden im DIP-Gehäuse mitgelieferten 8-bit-PICs aufstecken kann. Das MCU-Board wird an den Debugger angeschlossen und kann dann programmiert und „debuggt“ werden. Auf dem Board gibt es Punktrasterfelder für kleine eigene Schaltungen und für Buchsenleisten, über die man von außen auf die Hauptcontroller-Pins zugreifen kann. Ein Potentiometer, ein Taster und vier LEDs sind für den User nutzbar.

Sehr gut gestaltet ist auch das „User`s Guide“ aus dem Internet. Dort können Sie, wenn Sie den Beschreibungen

### Weblinks

- [6] [www.microchip.com/pagehandler/en-us/products/picmicrocontrollers](http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/products/picmicrocontrollers)
- [7] [www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=DV164130](http://www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=DV164130)
- [8] [www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=DM164137](http://www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=DM164137)
- [9] [www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/mplabx/](http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/mplabx/)
- [10] [www.microchip.com/pagehandler/en\\_us/devtools/code\\_configurator/home.html](http://www.microchip.com/pagehandler/en_us/devtools/code_configurator/home.html)

folgen, wirklich Schritt für Schritt in die Mikrocontrollerwelt einsteigen. Das Tolle an dem Kit ist auch, dass der PICKit3 die ganze (ds)PIC-Familie programmieren und debuggen kann. Sie können also, wenn sie die 8-bit-Typen „im Kasten“ haben, auf die hierarchisch übergeordneten Subfamilien umsteigen. Vor kurzem wurde noch das **Curiosity Board** [8] vorgestellt, das für die meisten steckbaren 8-bit-Typen geeignet ist. Der USB-Debugger/Programmer ist direkt auf dem Board aufgebaut. Im Gegensatz zum PICKit3-Starter-Kit-Board ist es mit etwas über 18 € weit günstiger und bietet viel mehr Anschlussmöglichkeiten für externe Peripherie. Wenn Sie Buchsenleisten bestücken, können Sie die zahlreichen „Click Boards“ von MikroElektronika einfach aufstecken. Auch das „Bluetooth Low Energy“-Modul (BLE) RN4020 von Microchip lässt sich bestücken. Schon ab Werk sind als Peripherie ein



Taster, vier LEDs, ein Touch-Button und ein Potentiometer für den User vorhanden.

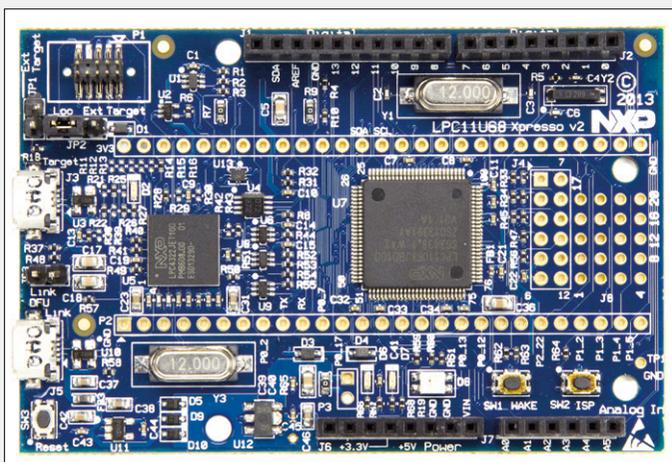
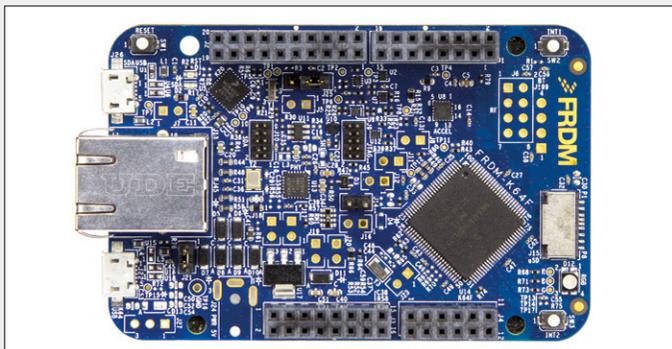
Nun aber zur Software, der Entwicklungsumgebung. Auf der Microchip-Website gibt es die MPLAB X IDE [9], die kostenlos ist. Nach der Installation können Sie noch zahlreiche nützliche Bibliotheken und zum Beispiel den neuen Code Configurator [10] als Plug-in einbinden, was das Entwickeln der Software deutlich vereinfacht.

## NXP

Der niederländische Halbleiterhersteller NXP hat vor einiger Zeit den texanischen Halbleiterhersteller Freescale übernommen, so dass das ganze Kinetis-MCU-Portfolio von Freescale nun bei NXP zu finden ist [11]. Es gibt acht Subfamilien, die alle entweder auf einem 32-bit-ARM-Cortex-M0+- oder einem 32-ARM-Cortex-M4-Kern basieren. Dazu zählen übr-

gens auch die kleinsten ARM-MCUs der Welt. Die Subfamilien sind auf bestimmte Anwendungen spezialisiert, zum Beispiel Funkübertragung (Kinetis W Serie) oder Stromsparen (Kinetis L Serie). Manche Subfamilien wie die Kinetis-K-Serie sind allerdings sehr universell.

Für sechs Subfamilien gibt es unterschiedlich teure Free-



dom-Boards, die einen USB-Debugger und Anschlüsse im Arduino-Format aufweisen, aber sonst sehr unterschiedlich ausgestattet sind. Manche haben zum Beispiel Touchslider oder Displays, andere wiederum mehrere digitale Sensoren oder USB. Natürlich gibt es auf allen Boards User-LEDs und -Taster. Wenn Sie also den Einstieg in die Welt der Kinetis-MCUs wagen wollen, können Sie im Internet ein zu ihren Vorstellungen passendes Freedom-Board aussuchen (je nach Typ variieren die Preise). Wenn Sie noch unsicher sind, empfiehlt es sich (wie fast immer), ein Board mit einem leistungsfähigen Mikrocontroller zu nehmen – zum Beispiel das knapp 50 € teure **Freedom Board FRDM-K64F** (Cortex M4F, 120 MHz, 1 MB Flash, 256 KB RAM) [12] mit einer RGB-LED, einem Ethernet-Anschluss, einem SD-Kartenslot, einem Micro-USB-Anschluss sowie mehreren Sensoren.

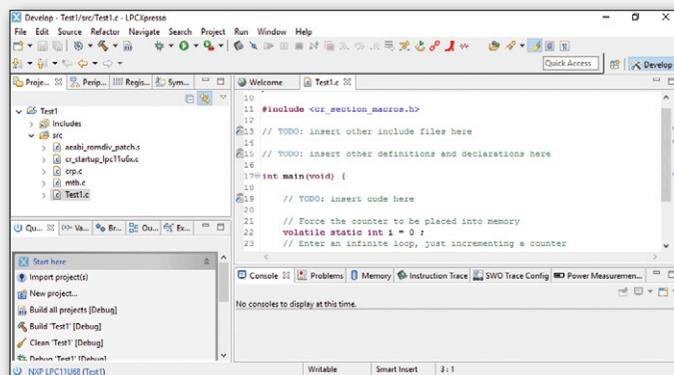
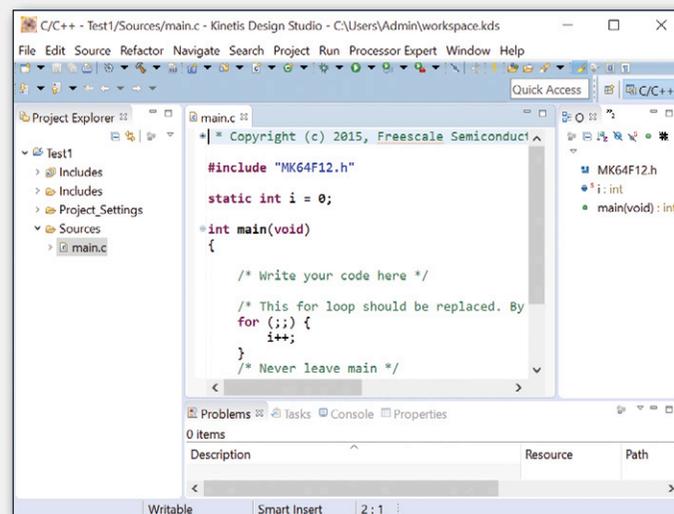
Viele Freedom-Boards werden von der Web-Entwicklungsplattform Mbed unterstützt. NXP bietet außerdem das Eclipse-basierte „Kinetic Design Studio“ an, das von der NXP-Website nach einer Anmeldung kostenlos heruntergeladen werden kann. Zuvor sollten Sie noch unbedingt das „Kinetic Software Development Kit“ (SDK) herunterladen und installieren, da sich dort viele nützliche Bibliotheken und Beispielprogramme verstecken. Um die virtuelle serielle Schnittstelle des Boards nutzen zu können, müssen Sie noch zusätzlich die entsprechenden Treiber herunterladen. Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung finden Sie direkt auf der Seite von FRDM-K64F.

NXP hat selbst auch sehr ausgefeilte Mikrocontroller [13] namens „LPC“ im Programm. Zum Beispiel gibt es zwei Subfamilien mit Dual-Core, mit einem 32-bit-ARM-Cortex-M4-Kern mit Fließkommazahlenunterstützung als Hauptkern und

einem Cortex-M0(+)-Kern als Hilfskern. So lassen sich die Aufgaben zwischen den beiden Kernen effizient aufteilen. Zudem gibt es noch „einkernige“ Subfamilien wie LPC4000 mit Cortex-M4-Kernen oder LPC800 und LPC1xxx mit Cortex-M0(+) sowie die Cortex-M3-basierten LCP1xxx.

Um klein einzusteigen, kann man zum Beispiel zu den Cortex-M0(+)-Typen greifen. Die LPC800-Familie ist schon länger bekannt, die LPC1100-Familie bietet trotz des niedrigen Preises noch mehr Performance und reichlich Schnittstellen. Auch gibt es Subfamilien, die zusätzliche Peripherie wie eine LCD-Ansteuerung besitzen. Ein schönes Board für den Einstieg ist das etwas über 30 € teure **LPC11U68 Xpresso Board** (50 MHz, 256 KB Flash, 36 KB SRAM, 4 KB EEPROM) [14]. Das „U“ steht hier für die USB-Unterstützung. Außer dem LPC-Link2-Debugger (USB), mit dem man auch externe MCUs programmieren und debuggen kann, und dem Micro-USB-Anschluss sind noch zwei Taster und eine RGB-LED vorhanden. Viele Pins sind auf die typischen Xpresso-Anschlüsse herausgeführt, aber auch Anschlüsse im Arduino-R3-Format sind auf dem Board zu finden. Das Board ist somit ideal für den Einstieg.

Die dazu passende Entwicklungsumgebung ist die ebenfalls Eclipse-basierte LPCXpresso-IDE. Diese kann nach Anmeldung kostenlos mit einer großzügigen Codebegrenzung von 256 KB direkt von der NXP-Website heruntergeladen werden. Passend dazu gibt es für jede Subfamilie ein LPCOpen-Paket [15], in dem viele nützliche Beispielprogramme und Bibliotheken zu finden sind. Natürlich können Sie auch die Mbed-IDE zusammen mit dem Board für Ihre ersten Projekte verwenden.

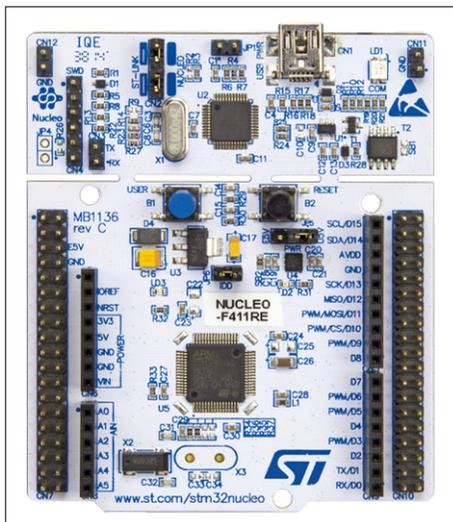


## Weblinks

- [11] [www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/kinetis-cortex-m:KINETIS](http://www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/kinetis-cortex-m:KINETIS)
- [12] [www.nxp.com/products/software-and-tools/hardware-development-tools/freedom-development-boards/freedom-development-platform-for-kinetis-k64-k63-and-k24-mcus:FRDM-K64F](http://www.nxp.com/products/software-and-tools/hardware-development-tools/freedom-development-boards/freedom-development-platform-for-kinetis-k64-k63-and-k24-mcus:FRDM-K64F)
- [13] [www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/kinetis-cortex-m/l-series:KINETIS\\_L\\_SERIES](http://www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/kinetis-cortex-m/l-series:KINETIS_L_SERIES)
- [14] [www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/lpc-arm-cortex-m-mcus/lpc-cortex-m0-plus-m0/lpc1100-series/lpcxpresso-board-for-lpc11u68:OM13058](http://www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/arm-processors/lpc-arm-cortex-m-mcus/lpc-cortex-m0-plus-m0/lpc1100-series/lpcxpresso-board-for-lpc11u68:OM13058)
- [15] [www.lpcware.com/content/project/lpcopen-platform-nxp-lpc-microcontrollers](http://www.lpcware.com/content/project/lpcopen-platform-nxp-lpc-microcontrollers)

## STMicroelectronics

Der europäische Halbleiterhersteller STMicroelectronics (ST) setzt überwiegend auf zwei verschiedene Board-Serien für die leistungsfähige und vielseitige ARM-Cortex-M STM32-Familie [16], die Discovery- [17] und die Nucleo-Boards [18]. Die unterschiedlich teuren Discovery-Boards verfügen im Vergleich zu den Nucleo-Boards über eine sehr vielfältige Peripherie, meist mehrere LEDs und Taster sowie zahlreiche analoge und digitale Sensoren wie ein Mikrofon oder einen 3-Achsen-Beschleunigungssensor. Oft ist die Peripherie an die „Spezialität“ des Hauptcontrollers angepasst wie etwa ein E-Ink-Display. Außerdem gibt es meist doppelte Stiftleisten, über die man auf die MCU-Pins zugreifen kann.

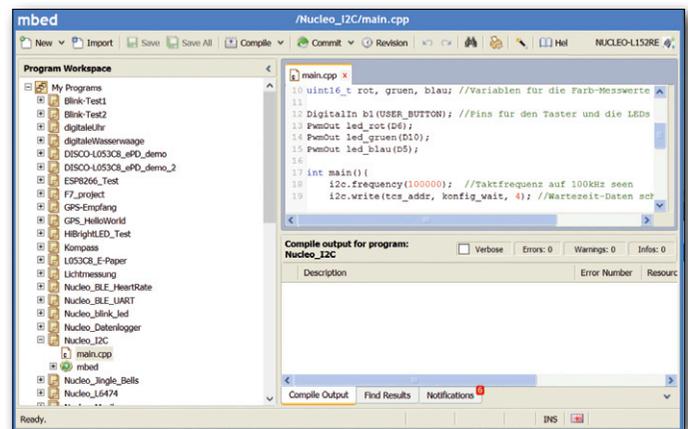
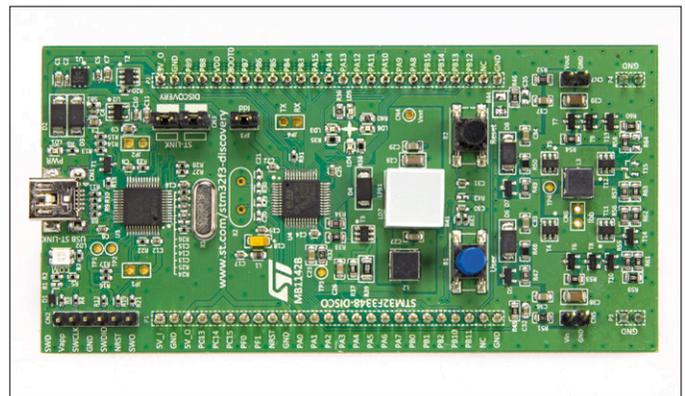


Die Nucleo-Boards sind etwas magerer ausgestattet, was sie aber sehr universell und einheitlich macht. Sie besitzen wie auch die Discovery-Boards einen USB-ST-Link/V2-1-Debugger, der allerdings von der Hauptcontrollerplatte abgetrennt werden kann. So lässt sich der pro-

grammierte Hauptcontroller samt Spannungsregler, Reset- und User-Taster sowie einer User-LED besser in eigene Schaltungen einbauen. Mit dem abgetrennten ST-Link/V2-1-Debugger kann man dann wie bei den Discovery-Boards weitere Mikrocontroller „in-system“ über den SWD-Anschluss programmieren und debuggen. Außer den doppelten Stiftleisten (wie meist bei den Discovery-Boards zu finden) besitzen die Nucleo-Boards auch Arduino-R3-kompatible Buchsenleisten, die eine Anbindung an die Arduino-Welt erlauben (ST bietet eigene interessante Shields an). Mittlerweile gibt es mehr als ein Dutzend Nucleo-Boards mit verschiedenen 32-bit-ARM-Cortex-M-Mikrocontrollern (seit neuestem auch teilweise in sehr kleinem Format mit 32-Pin-MCUs), von sehr stromsparenden bis zu sehr leistungsfähigen Typen. Die Nucleo-Boards sind damit ideal für den Einstieg. Am besten

ist, wenn Sie ein Nucleo-Board mit einem peripheriemäßig gut ausgestatteten Mikrocontroller nehmen - zum Beispiel das **Nucleo F411RE-Board** (Cortex-M4F, 100 MHz, 512 KB Flash, 128 KB SRAM). Dann haben Sie alles, was Sie für die ersten Schritte benötigen! Eine Alternative wäre das sehr spannende **STM32F334C8 Discovery Board** (Cortex M4, 72 MHz, 64 KB Flash, 16 KB SRAM) mit einer Power-LED, einem Buck/Boost-Konverter und vielem mehr. Zum Schluss soll auch die länger erhältliche und vielfältige STM8-Familie [19] nicht vergessen werden, für die es aber ausschließlich Discovery-Boards gibt.

Beide Board-Serien lassen sich vorzugsweise mit den üblichen gängigen ARM-IDEs wie zum Beispiel von Keil oder IAR programmieren, wozu ST einen sehr nützlichen Code-Generator mit allen nötigen Bibliotheken namens STM32CubeMX für die STM32-Mikrocontroller beisteuert [20]. Die STM8-Familie wird dagegen unter anderem von der ST-Visual-Develop-IDE



(STVD) [21] unterstützt. Der große Vorteil der Nucleo-Boards liegt darin, dass alle Typen schon seit längerem auch von

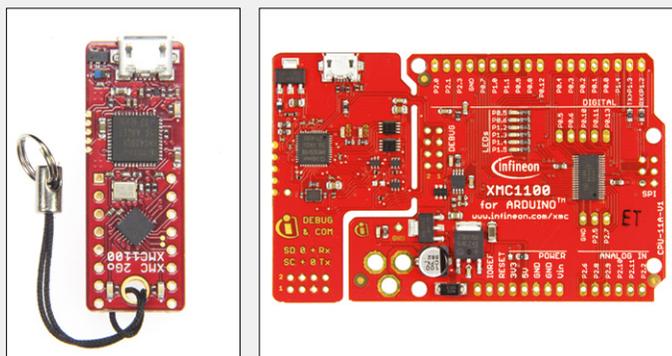
Mbed unterstützt werden und deshalb sehr viele gute Bibliotheken und Manuals zur Verfügung stehen.

### Weblinks

- [16] [www.st.com/web/en/catalog/mmc/FM141/SC1169?sc=stm32](http://www.st.com/web/en/catalog/mmc/FM141/SC1169?sc=stm32)
- [17] [www.st.com/web/en/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/LN1848?icmp=ln1848\\_pron\\_pr-stm32f446\\_dec2014&sc=stm-32discovery-pr](http://www.st.com/web/en/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/LN1848?icmp=ln1848_pron_pr-stm32f446_dec2014&sc=stm-32discovery-pr)
- [18] [www.st.com/web/en/catalog/tools/FM116/CL1620/SC959/SS1532/LN1847?s\\_searchtype=keyword](http://www.st.com/web/en/catalog/tools/FM116/CL1620/SC959/SS1532/LN1847?s_searchtype=keyword)
- [19] [www.st.com/web/en/catalog/mmc/FM141/SC1244](http://www.st.com/web/en/catalog/mmc/FM141/SC1244)
- [20] [www.st.com/web/catalog/tools/FM147/CL1794/SC961/SS1533/PF259242?s\\_searchtype=partnumber](http://www.st.com/web/catalog/tools/FM147/CL1794/SC961/SS1533/PF259242?s_searchtype=partnumber)
- [21] [www.st.com/web/catalog/tools/FM147/CL1794/SC1807/SS1747/PF210567?s\\_searchtype=partnumber](http://www.st.com/web/catalog/tools/FM147/CL1794/SC1807/SS1747/PF210567?s_searchtype=partnumber)

## Infineon

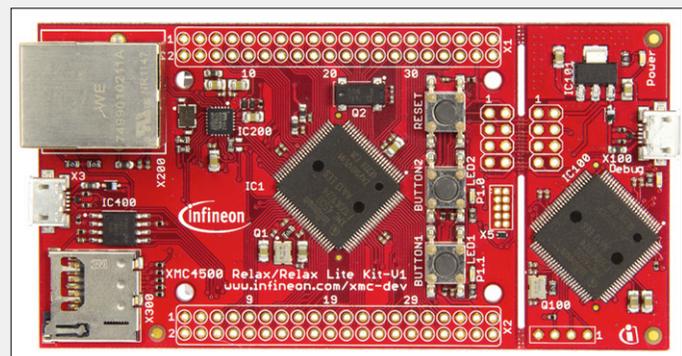
Der deutsche Halbleiterhersteller Infineon ist in der MCU-Welt vor allem durch seine XMC-Mikrocontrollerfamilie [22] bekannt. Es gibt zwei grundlegende MCU-Subfamilien: die XMC1000-Serie mit einem 32-bit-ARM-Cortex-M0 und die XMC4000-Serie mit einem 32-bit-ARM-Cortex-M4F-Kern (das „F“ steht für die integrierte Fließkommaeinheit). Beide Familien haben sehr viele (besondere) Schnittstellen wie ein „Position Interface“ (POSIF) und MultiCAN bei der XMC1000-Serie



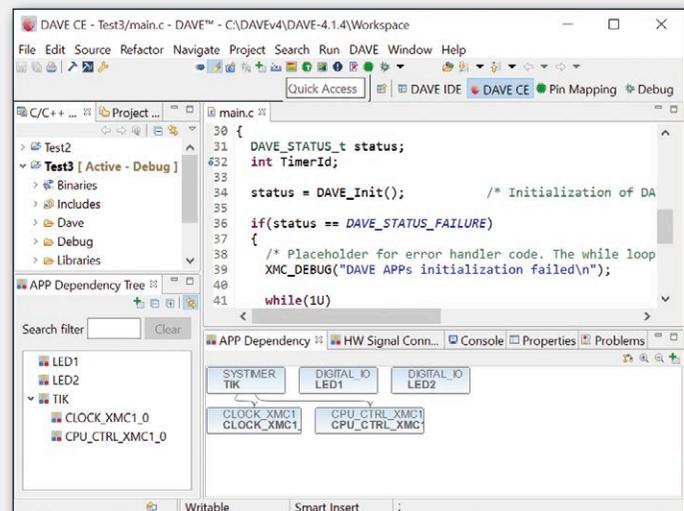
und Ethernet, SD und EtherCAN bei der XMC4000-Serie. Es gibt viele Boards für diese Familie, zum Beispiel das knapp 20 € teure **XMC1100 Boot Kit** (32 MHz, 64 KB Flash, 16 KB RAM) [23] mit einem abtrennbaren J-Link-LITE-Debugger (USB), mehreren frei verfügbaren User-LEDs sowie Anschlüssen im Arduino-R3-Layout. Um Shields aufstecken zu können, müssen Sie allerdings noch Buchsenleisten anbringen. Von Infineon selbst werden auch spannende Shields angeboten. Für die XMC4000-Familie ist dagegen das **XMC4500 Relax Kit** (120 MHz, 1 MB Flash, 160 KB SRAM) die beste und mit etwa 35 € auch die preisgünstigste Wahl. Es besitzt viel Peripherie wie einen SD-Kartenslot oder eine Micro-USB-Buchse und ist auch in einer Lite-Version ohne Ethernet verfügbar [24].

Ein viel günstigeres und kleineres Board (wenn nicht sogar das aktuell kleinste auf dem ganzen Markt) ist das knapp 6 € teure und ebenfalls mit einer MCU der XMC1100-Subfamilie ausgestattete **XMC2Go** (32 MHz, 64 KB Flash, 16 KB RAM) [25]. Dieses Board, das ungefähr die Größe eines USB-Sticks hat, basiert ebenfalls auf der XMC1100-Mikrocontrollersubfamilie und verfügt über einen USB-J-Link-LITE-Debugger zum Programmieren und Debuggen. Es gibt nur zwei User-

LEDs und 16 Anschlüsse, was aber für den Einstieg und kleinere Projekte völlig ausreicht. Das kleine Board lässt sich, wenn man die MCU-Pins auf Stiftleisten herausführt, auf ein Breadboard stecken, um schnell die ersten Projekte ganz ohne Löten auszuprobieren. Bei diesem winzigen Board ist zwar der Debugger nicht wie bei den Boot- oder Relax-Kits abtrennbar, dennoch können DAVE damit andere MCUs über die SWD-Anschlüsse an der Seite programmiert und „debuggt“



werden. XMC2Go empfiehlt sich für den Einstieg, später können Sie auf die Boot- oder Relax-Kits umsteigen. Wenn wir einen Blick auf die Software werfen, werden die Boards (und allgemein die XMC-MCUs) von der direkt von Infineon stammenden DAVE IDE unterstützt. Diese IDE steht



nach einer Anmeldung kostenlos als Download [26] zur Verfügung. Sie basiert auf sogenannten Apps. Pro Peripherieelement gibt es meist eine App, die man in den Arbeitsbereich verschieben und als Symbol auch mit anderen Apps verbinden kann. Jede App, also jedes Peripherieelement, lässt sich mit einem Rechtsklick konfigurieren und dann auch später

auf die gewünschten MCU-Pins legen. Dann kann man den nötigen Code erstellen lassen und man muss nur noch den Programmkernel schreiben. Für jedes Peripherieelement gibt es zahlreiche Manuals und Codebeispiele, wobei man durch Pointer auf die jeweiligen Peripherieelemente zugreifen kann. Das macht das Ganze sehr übersichtlich.

## Weblinks

- [22] [www.infineon.com/cms/de/product/microcontroller/32-bit-industrial-microcontroller-based-on-arm-registered-cortex-registered-m/channel.html?channel=db3a30433c1a8752013c3e221b9d004f](http://www.infineon.com/cms/de/product/microcontroller/32-bit-industrial-microcontroller-based-on-arm-registered-cortex-registered-m/channel.html?channel=db3a30433c1a8752013c3e221b9d004f)
- [23] [www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT\\_XMC11\\_BOOT\\_001/productType.html?productType=db3a30443b360d0e013b8f5163c46f62](http://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT_XMC11_BOOT_001/productType.html?productType=db3a30443b360d0e013b8f5163c46f62)
- [24] [www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT\\_XMC45\\_RELAX\\_V1/productType.html?productType=db3a304437849205013813b23ac17763](http://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT_XMC45_RELAX_V1/productType.html?productType=db3a304437849205013813b23ac17763)
- [25] [www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT\\_XMC\\_2GO\\_XMC1100\\_V1/productType.html?productType=db3a304443537c4e01436ccec5d154f](http://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/KIT_XMC_2GO_XMC1100_V1/productType.html?productType=db3a304443537c4e01436ccec5d154f)
- [26] [www.infineon.com/cms/en/product/microcontroller/development-tools-software-and-kits/dave-version-4-free-development-platform-for-code-generation/channel.html?channel=db3a30433580b37101359f8ee6963814](http://www.infineon.com/cms/en/product/microcontroller/development-tools-software-and-kits/dave-version-4-free-development-platform-for-code-generation/channel.html?channel=db3a30433580b37101359f8ee6963814)

## Texas Instruments

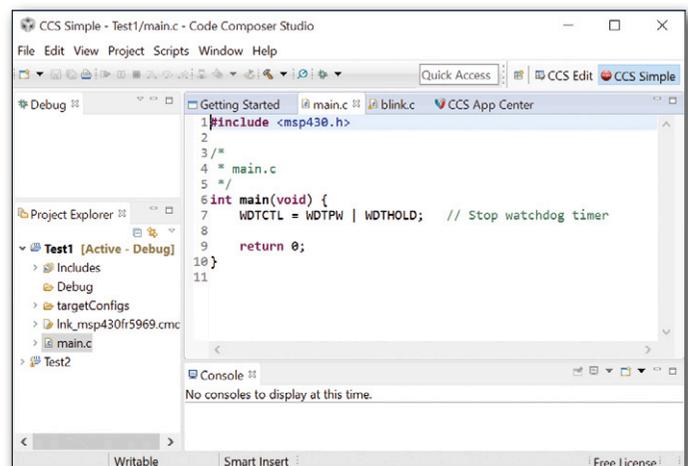
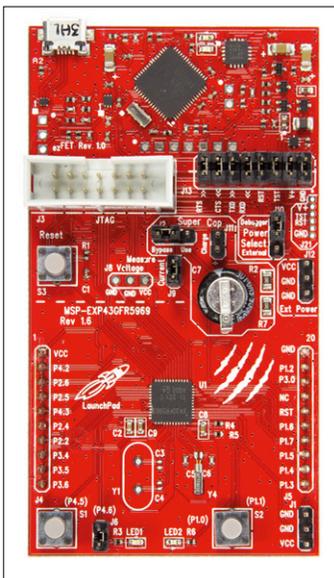
Dieser texanische Halbleiterhersteller ist für seine in allen Hinsichten gut ausgestattete MSP430-16-bit-MCU-Familie [27] bekannt. Sie vereinigt eine gute Leistung, einen übersichtlichen Aufbau und viele Schnittstellen und ist außerdem auf Low-Power getrimmt. Die Boards der LaunchPad-Serie sind für den Einstieg sehr gut geeignet.

Das populärste Board ist das etwa 15 € teure **MSP-EXP430G2 LaunchPad** [28], das mit zwei MSP430-MCUs in DIP-Gehäusen ausgeliefert wird. Mittlerweile gibt es aber auch fünf weitere deutlich leistungsfähigere LaunchPads für die MSP430-Familie, von denen eines mit einem MSP432, einem Vertreter einer neuen 32-Bit-ARM-Cortex-M4F-Subfamilie, ausgerüstet ist. Die neuen Pads verfügen über viel mehr Peripherie wie ein LC-Display oder die sogenannte EnergyTrace-Funktion zum Überwachen des Stromverbrauchs während der Laufzeit.

Alle Boards besitzen einen eZ-FET-Emulator (USB) zum Debuggen und Programmieren des Hauptcontrollers an Bord, dessen Datenleitungen durch mehrere Jumper vom SMD-Hauptcontroller getrennt werden können, um auch eine andere MCU programmieren zu können. Die immer an beiden Seiten des Boards vorhandenen Stiftleisten sind für den Anschluss eines der zahlreichen BoosterPacks [29] von Texas Instruments gedacht. Vom E-Ink-Display bis zum Touch-Wheel ist in der BoosterPack-Welt alles vorhan-

den, was sich das Entwicklerherz nur wünscht. Sie können natürlich an diese Anschlüsse auch ihre eigene Peripherie anschließen. Darüber hinaus stehen immer mindestens ein User-Taster und zwei User-LEDs zur Verfügung. Außerdem sind bei den neuesten Boards auch Sensoren für Temperatur oder Beschleunigung vorhanden.

Wenn Sie also in diese Welt einsteigen möchten, können Sie entweder das altbewährte MSP-EXP430G2-LaunchPad nehmen oder gleich zu den neueren LaunchPads greifen wie dem **MSP-EXP430FR5969** [30]. Wie die Bezeichnung schon sagt, arbeitet auf dem Board ein 16-MHz-Mikrocontroller MSP430FR5969 mit 64 KB FRAM, 2 KB SRAM und einer maximalen Taktfrequenz von 16 MHz. Wer dagegen Interesse an WLAN-fähigen Mikrocontrollern hat, sollte zu der Connected-Serie der LaunchPads greifen. Die C2000-Serie ist auf Motorsteuerungen und die Herkules-Serie auf Sicherheit (zum Beispiel für medizinische Anwendungen) spezialisiert.



Man hat sehr viele Möglichkeiten, Code für die MSP430-Familie zu erstellen. Vor allem für die LaunchPads gibt es eine Arduino-IDE-ähnliche und kostenlose Entwicklungsumgebung namens Energia [31]. Sie ist sehr einfach gehalten, die „Befehls-Funktionen“ sind der echten Arduino-IDE sehr ähnlich. Für die ersten (wenn auch groben) Schritte und Projekte ist es also geradezu ideal.

Möchte man dagegen in „echtem“ C Software entwickeln und alle Funktionen und Eigenschaften der MCU-Familie ausschöpfen, sollte man zum Eclipse-basierten „Code Composer Studio“ (CCS) von TI greifen [32]. Bei der kostenlosen Version

ist der Code auf 16 KB für die üblichen MSP430-MCUs und auf 32 KB für die MSP432-MCUs beschränkt. Wenn Sie nicht den Compiler von TI, sondern den altbekannten GCC nutzen möchten, entfällt die Begrenzung ganz. Seit neuestem bietet TI auch die CCS-Cloud an [33], eine abgespeckte Variante des normalen CCS, nur dass diese vollständig ins Internet verlagert wurde. Sie können also Ihren Code überall, wo es Internetzugang gibt, direkt im Browser entwickeln und mit zwei kleinen Tools direkt aus ihrem Browser heraus MCUs programmieren und debuggen.

### Weblinks

[27] [www.ti.com/lsds/ti/microcontrollers\\_16-bit\\_32-bit/msp/overview.page](http://www.ti.com/lsds/ti/microcontrollers_16-bit_32-bit/msp/overview.page)

[28] [www.ti.com/tool/msp-exp430g2](http://www.ti.com/tool/msp-exp430g2)

[29] [www.ti.com/ww/en/launchpad/boosterpacks.html](http://www.ti.com/ww/en/launchpad/boosterpacks.html)

[30] [www.ti.com/tool/msp-exp430fr5969?keyMatch=launchpad%20fr5969&tisearch=Search-EN](http://www.ti.com/tool/msp-exp430fr5969?keyMatch=launchpad%20fr5969&tisearch=Search-EN)

[31] <http://energia.nu/>

[32] [www.ti.com/tool/ccstudio](http://www.ti.com/tool/ccstudio)

[33] <http://dev.ti.com/about>

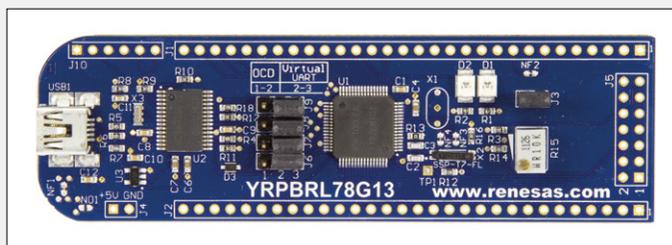
## Renesas

Renesas wird in Elektor ein wenig stiefmütterlich behandelt, weil dieser japanische Hersteller bei uns nicht besonders bekannt ist. Doch eigentlich besteht dazu überhaupt kein Anlass, denn für die bekanntesten 16-bit-Mikrocontrollerfamilien von Renesas RL78 [34] gibt es inzwischen günstige und gut erhältliche Boards. Auch das (vor kurzem erneuerte) Eclipse-basierte e2studio bietet dem Anwender viel Unterstützung, weil es unter anderem einen Code-Generator enthält und, nach Registration und Anmeldung, kostenlos heruntergeladen werden kann.

Als Einstieg in die RL78-Familie empfiehlt sich ein Promotion-Board wie das **YRPBRL78G13** [35], das auf dem RL78/G13 mit einer maximalen Taktfrequenz von 32 MHz, 64 KB Flash, 4 KB RAM und 4 KB Data-Flash basiert. Diese Boards werden von Renesas oft für Marketing-Zwecke auf Messen kostenlos ausgehändigt, sind aber auch bei manchen Händ-

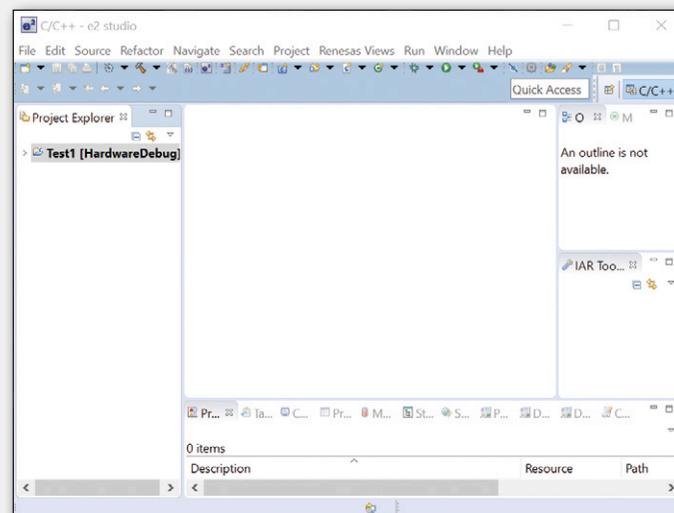
RL78-MCU-Familie wie RL78/Lxx, die auf LCD-Ansteuerung ausgerichtet ist. Insgesamt ist die ganze Familie peripheriemäßig gut aufgestellt und es mangelt nicht an der Performance. Wenn Sie zum Einsteigen das YRPBRL78G13-Board nehmen, sind Sie mit allem Nötigen ausgestattet. Im Gegensatz zu den manchmal fast zehnfach teureren Starter-Kits von Renesas verfügt dieses Kit zwar über keinen E1-Emulator (USB-Debugger/Programmer), ein USB-Kabel zum Anschluss an den Computer und ein Schraubenzieher zum Verstellen vom Trimpot sind aber inbegriffen.

Zum Programmieren und Debuggen ist direkt auf dem Board ein USB-On-board-Debugger OCD vorhanden. Um ihn zu benutzen, müssen zum e2studio am besten zusätzliche Tools wie das „Renesas Programming Tool“ heruntergeladen werden. Viele Tools und reichlich Dokumentation finden Sie auf der dem Kit beiliegenden DVD, auch ein Demo-Programm,



lern für ungefähr 30 € erhältlich. RL78-MCUs sind effizient und sehr auf den industriellen Einsatz ausgelegt. Sie verfügen unter anderem über viele Timer, die sehr gut für Motorsteuerungen geeignet sind. Außerdem zählen sie zu den stromsparenden Mikrocontrollern, was man bei einem Blick auf das Datenblatt auch schnell merkt.

Es gibt zahlreiche sehr spezialisierte Subfamilien der großen



mit dem Sie die wichtigsten Funktionen des RL78 erkunden können. Die Firmware dafür ist schon ab Werk auf der MCU vorhanden. Wenn Sie später ihre eigene Software brennen wollen, müssen Sie die vier Jumper J6..J9 auf den OCD-Modus setzen.

Es gibt eine User-LED und einen Trimpoti auf dem Board, außerdem sind sehr viele MCU-Pins auf den beiden Seiten herausgeführt (J1 und J2). Sie können daran auch Stiftleisten löten, um das Board steckbrett-tauglich zu machen. Wenn Sie sich nach einiger Zeit doch einen E1-Emulator zulegen, können Sie ihn über eine zusätzliche Stiftleiste hinten an J5 anschließen. Den Stromverbrauch des „General-Purpose“-Hauptcontrollers können Sie messen, wenn Sie statt J3 ein Strom-

messgerät anschließen.

Wollen Sie dagegen in die 32-bit-Welt von Renesas einsteigen, empfiehlt sich die RX-Mikrocontrollerfamilie [36]. Seit kurzem ist die Synergy-32-Bit-Familie mit sehr leistungsfähigen ARM-Cortex-M-Mikrocontrollern verfügbar, die mit bis zu 300 MHz getaktet werden können.

Noch ein paar Worte zum e<sup>2</sup>studio [37]: Nach der Installation samt der RL78 Toolchain von KPIT [38] können Sie ein C(++)-Projekt mit dem Code-Generator erstellen. Er übernimmt alle Konfigurationen für Sie, Sie müssen lediglich die benötigte interne Peripherie anklicken, ein paar Einstellungen visuell anpassen und sich dann nur noch um den Programm-Kern kümmern.

## Weblinks

[34] <http://am.renesas.com/products/mpumcu/rl78/index.jsp>

[35] [http://am.renesas.com/products/tools/introductory\\_evaluation\\_tools/renesas\\_promo\\_board/yrpbri78g13/index.jsp](http://am.renesas.com/products/tools/introductory_evaluation_tools/renesas_promo_board/yrpbri78g13/index.jsp)

[36] <http://am.renesas.com/products/mpumcu/rx/>

[37] [http://am.renesas.com/products/tools/ide/ide\\_e2studio/index.jsp](http://am.renesas.com/products/tools/ide/ide_e2studio/index.jsp)

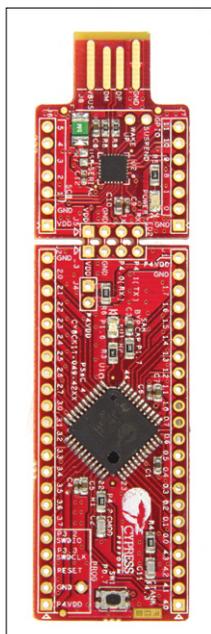
[38] [www.kpitgnutools.com/index.php](http://www.kpitgnutools.com/index.php)

## Cypress

Der im Silicon Valley beheimatete Halbleiterhersteller Cypress hat ein besonderes Konzept, was seine PSoC-MCU-Familie [39] angeht. Je nach Unterfamilie (PSoC1, PSoC3, PSoC4, PSoC5) basieren die sehr universellen und flexiblen Mikrocontroller auf verschiedenen Kernen, von 8-bit- bis zu 32-bit-ARM-Cortex-M. Das Besondere ist die interne Peripherie. Im PSoC-Creator können Sie fast wie mit Lego-Bausteinen ihren Mikrocontroller „zusammenstellen“, also zum Beispiel auswählen, wie viele Timer oder ADCs Sie an welchen Pins haben möchten, wobei Anzahl und Möglichkeiten natürlich irgendwo begrenzt sind. Erst danach geht es ans Erstellen der eigentlichen Software, was mit dem PSoC-Creator keine Hürde darstellt.

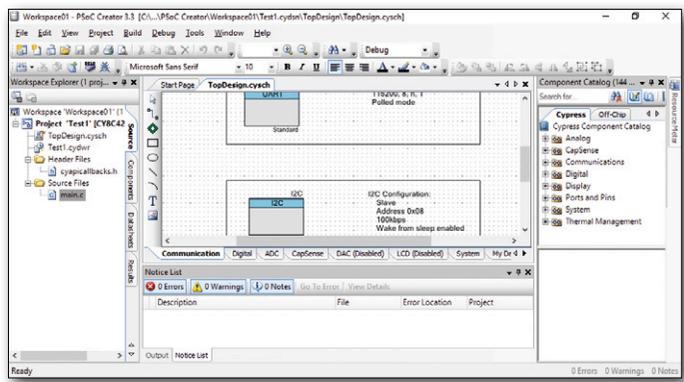
Wenn Sie in diese spannende und sehr flexible Welt einsteigen wollen, können Sie die für höchstens 10 € erhältlichen Boards **CY8CKIT-043** [40], **CY8CKIT-049** [41] oder **CY8CKIT-059** [42] verwenden. Sie sind sehr kompakt und verfügen (außer über einen User-Taster und eine User-LED) über fast keine externe Peripherie. Dafür sind aber viele MCU-Pins herausgeführt, an die Sie Ihre eigene Peripherie anschließen können. Die Pins sind auf dem Board schon richtig beschriftet. Sie müssen also zum Beispiel keinen Referenzkondensator anschließen, wenn Sie die Touch-Technologie nutzen möchten, da sich dieser schon auf der Platine befindet.

Die beiden CY8CKIT-049-Boards (mit dem PSoC 4100 und dem PSoC 4200)



sind für circa 5 € erhältlich. Allerdings sind die -049-Boards lediglich mit einem Bootloader auf dem Hauptcontroller und einem UART-zu-USB-Wandler ausgestattet, so dass man neben dem PSoC-Creator noch weitere Software-Tools für den Bootloader benötigt. Beim Programmiervorgang darf man nicht vergessen, auch die Bootloader-Software (in Form eines Bausteins beim Konfigurieren der MCU) zu laden. Außerdem hat man keine Debug-Möglichkeit.

Legt man etwa das Doppelte an und greift man zu den anderen Prototyping-Boards, hat man es wesentlich komfortabler. Diese Boards haben einen USB-Debugger an Bord, so dass alle Nachteile des Bootloaders wegfallen. Sie sind mit dem On-board-Debugger übrigens auch in der Lage, andere PSoC-MCUs zu programmieren/debuggen. Wenn Sie also nur die ersten Schritte wagen wollen, reicht zum Beispiel ein CY8CKIT-049-42xx-Board (Cortex-M0, 48 MHz, 32 KB Flash, 4 KB SRAM) völlig aus, wollen Sie dagegen schon ein erstes (kleines) Projekt mit einem PSoC-Mikrocontroller umsetzen, wären die restlichen Boards mit einem abtrennbaren Debugger von Vorteil. Natürlich bietet aber Cypress auch viel größere und reichlicher ausgestattete Boards an [43], seit neuestem



sogar mit einem in der MCU verbauten BLE-Baustein (**B**lue-tooth **L**ow **E**nergy).

Der PSoC-Creator ist kostenlos unter [44] zum Download

### Weblinks

[39] [www.cypress.com/products/programmable-system-chip-psoc](http://www.cypress.com/products/programmable-system-chip-psoc)

[40] [www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-043-psoc-4-m-series-prototyping-kit](http://www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-043-psoc-4-m-series-prototyping-kit)

[41] [www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/psoc-4-cy8ckit-049-4xxx-prototyping-kits](http://www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/psoc-4-cy8ckit-049-4xxx-prototyping-kits)

[42] [www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-059-psoc-5lp-prototyping-kit-onboard-programmer-and](http://www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-059-psoc-5lp-prototyping-kit-onboard-programmer-and)

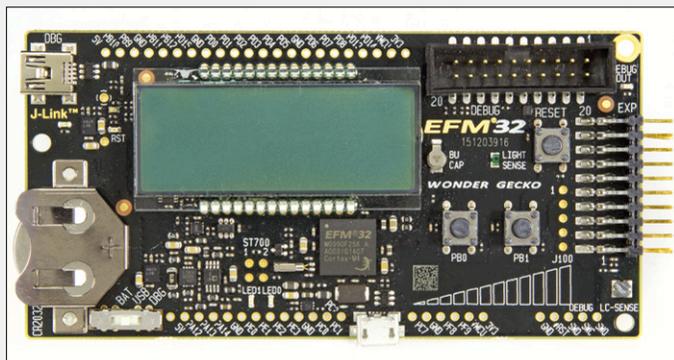
[43] [www.cypress.com/products/psoc-creator-integrated-design-environment-ide](http://www.cypress.com/products/psoc-creator-integrated-design-environment-ide)

[44] [www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-044-psoc-4-m-series-pioneer-kit](http://www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-044-psoc-4-m-series-pioneer-kit)

erhältlich. Der PSoC-Programmer ist darin enthalten, so dass alles in einem Tool steckt.

## Energy Micro

Der aus Austin stammende Halbleiterhersteller Silicon Labs hat vor ein paar Jahren das Unternehmen Energy Micro samt Mikrocontroller-Sparte aufgekauft. Nun sind die Controller als EFM32 [45] erhältlich, mit verschiedenen 32-bit-ARM-Cortex-M-Kernen. „EFM32 Zero Gecko“-MCUs basieren zum Beispiel auf einem 24-MHz-Cortex-M0+-, „Wonder Geckos“ dagegen auf dem 48-MHz-Cortex-M4-Kern.



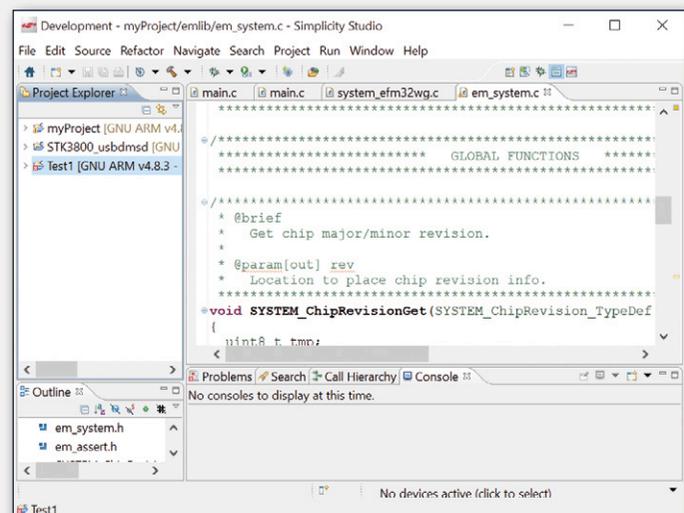
Alle haben gemeinsam, dass sie sparsam mit dem Strom umgehen. Dennoch wird an Peripherie und Performance nicht gespart. Alle üblichen Schnittstellen sind vorhanden, auch sind manche Typen für die LCD-Ansteuerung ausgelegt. Die Subfamilien der EFM8-8-bit-Serie [46] verfolgen dieselben Stromsparziele wie die größeren Brüder, nur eben im kleineren Maßstab, wobei es auch Typen mit einer maximalen Taktfrequenz von 48 MHz gibt.

Für jede 32-bit-EFM32-Subfamilie gibt es ein rund 30 € teures Starter-Kit. Die Starter-Kits sind sehr unterschiedlich, sind aber doch alle mit viel externer Peripherie und einem USB-On-Board-Debugger ausgerüstet. Darüber hinaus sind zahlreiche MCU-Pins an der Seite herausgeführt. Meist sind auf den Boards außer den üblichen User-Tastern und -LEDs noch Displays, Lichtsensoren, Touch-Elemente und viel mehr Inte-

ressantes zu finden. Jedes Board besitzt auch eine 3-V-Batterie-zelle, die diese stromsparenden Mikrocontroller problemlos mit Strom versorgen kann. Um das Board zu programmieren oder zu debuggen, muss man nur einen Schiebeschalter umlegen, damit das Board vom USB-Anschluss mit Strom versorgt wird. Was braucht ein einsteigerfreundliches Board mehr? Wenn Sie sich also für diese MCU-Familie entscheiden, kaufen Sie am besten ein Board mit einem relativ leistungsfähigen Mikrocontroller wie etwa das **EFM32 Wonder Gecko Starter Kit** (Cortex-M4F, 48 MHz, 256 KB Flash, 32 KB RAM) [47].

Die Software für die Kits kann man mit Mbed (noch nicht alle Boards werden unterstützt!) oder aber mit dem kostenlosen Simplicity-Studio [48] entwickeln. Letzteres bietet viel Unterstützung für den Entwickler. Man kann Peripherieelemente visuell konfigurieren, der Einsteiger wird außerdem von zahlreichen Tutorials bei seinen ersten Schritten angenehm unterstützt. ◀

(150687)



### Weblinks

[45] [www.silabs.com/products/mcu/32-bit/efm32-gecko/Pages/efm32-gecko.aspx](http://www.silabs.com/products/mcu/32-bit/efm32-gecko/Pages/efm32-gecko.aspx)

[46] [www.silabs.com/products/mcu/8-bit/Pages/efm8.aspx](http://www.silabs.com/products/mcu/8-bit/Pages/efm8.aspx)

[47] [www.silabs.com/products/mcu/lowpower/pages/efm32wg-stk3800.aspx](http://www.silabs.com/products/mcu/lowpower/pages/efm32wg-stk3800.aspx)

[48] [www.silabs.com/products/mcu/Pages/simplicity-studio.aspx](http://www.silabs.com/products/mcu/Pages/simplicity-studio.aspx)



### GOTO Elektor @ Embedded World 2016

Wenn Sie dies noch vor dem 21. Februar 2016 lesen, sollten Sie schnell den LötKolben ausschalten, Ihre Sachen packen und sich auf den Weg nach Nürnberg zur *Embedded World* aufmachen. Der Eintritt ist dank Elektor **kostenlos**, wenn Sie den Gutschein-Code **B319128** auf [www.embedded-world.de/gutschein](http://www.embedded-world.de/gutschein) eintragen.

Die *Embedded World* beschäftigt sich dieses Jahr verstärkt mit den Themen Sicherheit elektronischer Systeme, verteilte Intelligenz, Internet of Things, E-Mobilität und Energie-sparen. Selbstverständlich vor dem Hintergrund des boomenden Marktes für Embedded-Systeme.

Der 35 m<sup>2</sup> große Stand von Elektor (**Halle 4A, Stand-Nr. 518**) bietet die besondere Gelegenheit, unsere Redakteure und Entwickler kennenzulernen sowie interessante Gespräche zu führen. Außerdem

sehen Sie die Prototypen von kürzlich veröffentlichten Projekten wie etwa **Lumina**, **Drahtloses Quiz im RGB-Stil**, **DDS-Funktionsgenerator** und **eRIC Nitro**. Es wird eine Live-Videoschaltung ins Elektor-Labor geben, sodass man hier auch Gespräche mit denen führen kann, die hinter den diversen Elektor-Projekten stecken, aber gerade nicht in Nürnberg sind. Die Teams von **Elektor TV** und **Elektor Business** durchkämmen derweil die vielen Stände der Messen und halten Ausschau nach Neuigkeiten.



### Kleinstes Bluetooth-Modul der Welt



Das Modul **SESUB-PAN-D14580** für Bluetooth v4.1 von TDK ist zurzeit von Mouser Electronic erhältlich. Es wird als derzeit kleinstes Bluetooth-Modul für Smart-Devices gehandelt. Das Mikro-Modul mit Abmessungen von 3,5 x 3,5 x 1 mm basiert auf der proprietären SESUB-Technologie (**S**emiconductor **E**mbodied in **S**ubstrate) von TDK. Es ist rund 60 % kleiner als

Module, die diskrete Bauteile verwenden. Die Kleinheit und der geringe Stromverbrauch machen dieses Modul ideal für mobile Geräte und Wearables, bei denen es auf geringen Energieverbrauch und geringe Abmessungen ankommt.

Das neue Modul integriert den Bluetooth-4.1-Chip DA14580 von Dialog Semiconductor, einen ARM-Cortex-M0-Mikrocontroller mit 32 bit und einen DC/DC-Konverter zusammen mit peripherer Elektronik, einem Kondensator, einer Spule und einem 16-MHz-Quarz auf einem dünnen Substrat. Alle I/Os der Substrat-Layer werden an einem BGA-Sockel unter dem Modul herausgeführt. Auch an die Interfaces UART, SPI und I<sup>2</sup>C wurde gedacht, um die Hardware-Entwicklung zu beschleunigen und die Implementierung von Bluetooth zu vereinfachen. Das Modul benötigt bei einer Versorgung mit 3 V beim Senden einen Strom von 5 mA, beim Empfangen 5,4 mA und im Standby nur noch 0,8 µA. Die Ausgangsleistung beträgt typisch 0 dBm, was eine Reichweite von 10 m bei direkter Sicht erlaubt, wenn die Antenne gut ausgelegt ist.

[www.mouser.com/neu/tdk/tdk-bluetooth-micro-module](http://www.mouser.com/neu/tdk/tdk-bluetooth-micro-module) (150673-1)

### COM, Cloud und das industrielle Internet of Things

*COM Express* ist ein sogenanntes CoM (Computer-on-Modul) von ADLINK Technology, das cExpress-SL und Express-SL in PICMG COM.0 Type 6 in kompakten Abmessungen mitbringt. Beide Modul-Formate gibt es mit Prozessoren der 6. Generation von Intel: Core i7, i5 oder i3 samt den Intel-Chipsätzen QM170 und HM170. Die neuen COMs unterstützen bis zu drei UHD/4K-Displays und eignen sich sehr gut für Anwendungen in Automation, Medizin und Infotainment. Der Cloud-IoT-Service *SEMA* kann über ein webbasiertes Portal gesteuert werden. Diese Cloud-Lösung enthält eine Gateway-Software mit einem IoT-Stack, aufgesetzt auf einer intelligenten SEMA-Middleware, die Embedded-Devices dabei unterstützt, sich sicher mit einer Cloud verbinden zu können. Dabei werden ohne zusätzlichen Aufwand modernste Verschlüsselungstechniken eingesetzt.

Auf der *Embedded World 2016* wird es von ADLINK intelligente IoT-Lösungen wie etwa eine cloudbasierte *Machine Failure Prediction* live zu sehen geben. Eine große Anzahl an Sensoren erfassen Daten und senden diese in Echtzeit über das IoT-Gateway von ADLINK in die Cloud. Dank Fernüberwachung können dabei sofort potentielle Probleme aufgespürt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, um die Down-Time möglichst gering zu halten.



[www.adlinktech.com](http://www.adlinktech.com) (150673-2)



Redaktion ElektorBusiness: Jan Buiting

Beiträge nimmt er gerne entgegen unter [newsdesk@elektor.com](mailto:newsdesk@elektor.com).

## Special Edition

### Sicherheits-Software-Lösungen auf der NXP Smarter World Tour

Green Hills Software wird 2016 seine Sicherheitslösungen mit NXP Semiconductors an über 100 Orten in 16 europäischen Staaten als exklusiver Sponsor für Betriebssysteme und Security der NXP Smarter World Tour zeigen. Im doppelstöckigen Ausstellungs-LKW werden Besuchern drei Produkte live demonstriert. Die Virtualisierungslösung *INTEGRITY Multi-visor* ist eine flexible Software-Architektur, die sicherheitskritische Funktionen in Systemen schützt, die unter Linux, Android oder Windows laufen. Die neue Virtualisierungsplattform läuft auf einem nativen Open-

VG-Cluster und virtualisiert Yocto Linux beim Hosten des Infotainment-Systems *Crank Storyboard OpenGL* auf einem i.MX-6-Automotive-Prozessor von NXP. Das *Safe & Secure Connected Car* zeigt eine Cockpit-Einheit für Autos. Die Lösung *INTEGRITY RTOS* versorgt mehrere Tablets und Smartphones mit synchronisierten Audio- und Video-Daten per Funk. Dabei werden Streaming-Lösungen

innerhalb eines Fahrzeugs als Teil des Infotainment-Konzepts für Passagiere demonstriert. Die *Cinemo Media Engine* ist dabei speziell für INTEGRITY RTOS auf NXPs i.MX 6 optimiert.

[www.ghs.com/emeatour](http://www.ghs.com/emeatour)  
(150673-4)



### Exar: Sensoren, Versorgung, Connectivity und Licht via IoT

Das *Sensor-Interface XR10910* von Exar bietet einen 16:1 differentiellen Multiplexer, einen offset-korrigierten DAC, einen Instrumentenverstärker mit programmierbarer Verstärkung sowie eine Spannungsreferenz. Das analoge Frontend ermöglicht einen für 14-bit-Auflösung geeigneten analogen Eingang zum Anschluss mehrerer Brücken-Sensoren an eine MCU. Der Chip eignet sich besonders für Kraftsensoren, mit denen sich

touch-sensitive Bedienoberflächen realisieren lassen, die gleichermaßen robust sind und sich für jede Oberfläche eignen. Dies wird durch eine Demonstration am Messestand durch das Kraftmessmodul XR15715 unter Beweis gestellt.

Die *USB/Ethernet-Bridge XR22804* von Exar kombiniert einen Hi-Speed-USB-2.0-Hub mit

entsprechenden Controllern für 10/100-Mbit/s-Ethernet, I<sup>2</sup>C, EDGE GPIO und bis zu vier UARTs in einem einzigen Chip.

Speziell für die 40-V-Versorgung für industrielle Zwecke hat Exar eine Palette von Lösungen mit den synchronen *Konstantzeit-Abwärtsreglern XR76203/05/08*, den *Hochstrom-Leistungsmodulen XR79203/06* sowie seinem programmierbaren *Ein-Chip PMIC XR77129* für 40 V auf Lager. Exars patentierte AC-Step-Driving-ICs brauchen weder Spulen, Trafos, Elkos noch Varistoren, wie man sie typischerweise in Schaltnetzteilen findet. Diese Technik liefert daher einen guten Power-Factor, geringe THDs, hohe Störsicherheit, geringe Schwankungen und sind zudem mit einer großen Zahl gewöhnlicher Dimmer mit Triac kompatibel. Beim XR46110 handelt es sich AC-Step-Driver, während die Variante XR46050 eine zweistufige Ein-Chip-Lösung darstellt.

[www.exar.com](http://www.exar.com) (150673-6)



—Anzeige

Wir sind Hersteller von physikalischen / elektronischen Messgeräten und suchen einen **erfahrenen**

### Elektroniker (m/w)

Aufgabengebiet: Entwicklung und/oder Prüfen von elektronischen Schaltungen (analog und digital), Konstruktion von Messgeräten und Sensoren.

Unterstützung unseres Prüffeldes.

Interessante, abwechslungsreiche, ausbaufähige Tätigkeit, attraktives Gehalt.

**NAGY Messsysteme GmbH**, 71126 Gäufelden.

Bewerbung bitte per E-Mail an: [bw15@nagy-instruments.de](mailto:bw15@nagy-instruments.de)

# Erste Schritte mit den NFC-Tags der ST25TA-Familie

## Mit Arduino und Sketch

Von **Martin Cooke** (Großbritannien)

Sie haben nun dank ST und Elektor die kostenlose NFC-Card mit der letzten Elektor-Ausgabe empfangen und mit Ihrem Android-Smartphone die Seriennummer ausgelesen, um sich an der Online-Verlosung zu beteiligen. Dies zeigt, wie einfach und leistungsfähig NFC als kontaktlose Technologie ist, um etwa auf Webseiten zu gelangen, ohne URLs eingeben zu müssen. Elektronikingenieure und Programmierer wollen aber mehr wissen und gehen den Bits, Bytes und HF-Signalen der NFC auf den Grund.

Wie in Elektor 1/2016 bereits erwähnt [1][2], hat STMicro vor kurzem das Spektrum seiner NFC-RFID-Tags um die ST25TA-Familie erweitert. Die ST25TA-Familie unterstützt kontaktlose ISO14443-TypeA-Schnittstellen mit der NFC-Forum-Typ-4-Spezifikation und allen dazugehörigen Befehlen. Im Gegensatz dazu besitzen die Mitglieder der M24SR-Familie ein „Dual-Interface“, das einen Speicherzugriff nicht nur über Funk, sondern auch über eine fest verdrahtete I2C-Schnittstelle erlaubt. Sie sind auch mit der kontaktlosen ISO14443-Typ-B-Schnittstelle kompatibel.

Die ST25TA-Tags erlauben den Zugriff auf die Tag-Inhalte nur über eine Funk-schnittstelle, aber einige Tags erzeugen ein General Purpose Output Signal (GPO), das als Hardware-Trigger von einem mit dem Tag verbundenen Embedded-System genutzt werden kann. Wir werden auf diese Funktion später noch zurückkommen.

### Am Anfang war der Funk

Der maximale Lese/Schreib-Abstand zwischen dem Tag und Lesegerät ist abhängig von der Empfindlichkeit des Lese/Schreibgeräts. Mit einem normalen Tablet-PC Nexus 7 wird ein Abstand von rund 4 cm erreicht. Das Oszillogramm in Bild 1 zeigt eine Folge von Abfrageimpulsen mit einer Dauer von ungefähr 12  $\mu$ s, die von einem NFC-Leser erzeugt werden, der auf der entsprechenden Frequenz von 13,65 MHz arbeitet. Die maximal erreichbare Datenrate über einen NFC-Link beträgt 424 Kbit/s, nicht gerade optimal für die Übertragung großer Dateien. Aus

diesem Grund ist es bei Peer-to-Peer-Android-Anwendungen üblich, den NFC-Link nur zur Konfiguration einer Kommunikation über Protokolle mit höherer Bandbreite wie Bluetooth oder WLAN zu nutzen. Ab Android 4.1 unterstützt die Android-Beam-Funktion diese Methode, um eine Bluetooth-Verbindung für eine schnellere Dateiübertragung aufzubauen. Die S-Beam-Funktion von Samsung verwendet den gleichen Mechanismus, aber baut eine WLAN-Verbindung auf.

### Speicherstruktur des Tags

Die ST25TA-Tags unterstützen die NDEF-Tag-Anwendungen, wie sie für NFC-Forum-Typ-4-Tags definiert sind. Der Speicher der Tags ist in drei Dateien aufgeteilt:

- die CC-Datei (Capability Container);
- die NDEF-Datei (NFC Data Exchange Format);
- die Systemdatei (spezifisch für STMicroelectronics).

Detaillierte Informationen findet man im zum Tag gehörenden Datenblatt. Kurz gesagt sind in der CC-Datei (read only) Informationen zu den Fähigkeiten des Tags untergebracht. In der NDEF-Datei können Nachrichten gespeichert werden. Die Angabe der Speicherkapazität bezieht sich auf die Größe dieser Datei, die natürlich gelesen und beschrieben und auch mit einem 128-bit-Passwort geschützt werden kann.

In der Systemdatei können Sie den Tag konfigurieren, beispielsweise mit einem Lese- oder Schreibschutz mit Passwort versehen. Es kann auch ein 20-bit-Zähler initialisiert werden, um die Anzahl der Lese- oder Schreibzugriffe zu verfolgen. Dies ist nützlich, wenn ein Tag etwa in einem öffentlich zugänglichen Smart-Poster integriert ist. Das Verhalten des GPO-Ausgangssignals kann hier festgelegt werden, auch beim ST25TA02K-P-Chip des CLOUD-ST25TA-Entwicklungsboards. Einige der Konfigurationsoptionen sind nicht reversibel, seien Sie also vorsichtig, wenn Sie damit experimentieren!

### Lesen und Schreiben

STMicro hat eine Android-Demo-App für ST25-NFC entwickelt, mit der Sie Daten der ST25TA-Tags lesen und schreiben können. Die App ist im App-Store von Google-Play oder bei STMicro verfügbar [3]. Die App läuft auf NFC-fähigen Smartphones oder Tablets. Es gibt auch viele andere unabhängige NFC-Apps, mit denen man einige Informationen der ST25TA-Tags lesen kann, allerdings erlauben sie meist keine Änderungen der hersteller-spezifischen Daten.

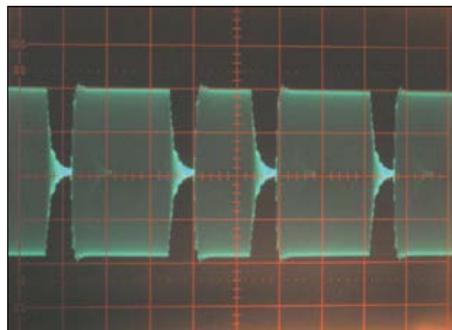


Bild 1. Oszillogramm der 13,65-MHz-Abfrageimpulse des NFC-Lesers.



Einige NFC-Apps „missbrauchen“ einen Tag. Beim ersten Antippen wird die UID gespeichert, dann definiert man eine Aktion, die nachfolgend bei jedem Antippen ausgeführt werden soll. Dazu müssen keine Informationen im Tag gespeichert werden, es funktioniert also auch mit nicht beschreibbaren Tags. Als Beispiel könnten Sie den Tag einer abgelaufenen kontaktlosen Kreditkarte scannen und anschließend Aktionen definieren, die danach jedes Mal initiiert werden, wenn der Tag getippt wird.

Auch die neuen Ausweise enthalten NFC-Tags. Das Merkwürdige an diesen ePassport-Tags ist, dass sie bei jeder Überprüfung eine andere UID zurückgeben! Der Grund dafür ist, dass der Pass-Inhaber so nicht durch die UID seines Reisepasses verfolgt werden kann. Diese RUID-Funktion (Random UID) setzt einen im Tag integrierten Hardware-Zufallszahlengenerator (RNG) voraus.

### Die STM-App

Mit der ST-Demo-App von STMicroelectronics können Sie den Tag mit einem NFC-fähigen Smartphone oder Tablet lesen oder beschreiben. Nach dem Start ist die App bereit, einen Tag zu scannen. Sie können Informationen über die drei internen Dateien abrufen, den Inhalt mit einem Kennwort schützen und den Zähler, wenn gewünscht, zurücksetzen. Mit dem Compose-NDEF-Knopf können Sie eine Nachricht schreiben, die im Tag gespeichert werden soll. Es stehen Ihnen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

**Text** - eine hier eingegebene Textnachricht wird auf dem Handy oder Tablet angezeigt, wenn auf den Tag getippt wird.

**URI** - Hier wird eine URI (URL/Internetadresse) angegeben, zu der das Smartphone oder Tablet beim Scannen des Tags geleitet wird.

**Contact** - Die hier eingegebenen Kontaktinformationen werden in die Kontaktliste aufgenommen, wenn das Smartphone/Tablet den Tag scannt. Der Tag enthält so viel Speicher, dass auch ein Low-Res-Bild aufgenommen werden kann.

**M24SR** - Diese Option bezieht sich auf das M24SR-Discovery-Board und ermöglicht es, bestimmte Hardware-Features des Boards zu steuern.

**WiFi** - stellt die Verbindung zu einem WLAN her.

**Bluetooth** - zeigt eine Liste aller erreichbaren Bluetooth-Clients.

**SMS** - Eine Telefonnummer und SMS-Nachricht werden eingegeben. Die Nachricht wird an die Telefonnummer gesendet.

**Email** - Eine E-Mail-Adresse und eine Nachricht werden eingegeben. Bei einem Tipp wird das E-Mail-Programm veranlasst, die Nachricht an den E-Mail-Empfänger zu schicken.

**AAR** - Android App Launcher. Wählen Sie eine installierte App und speichern Sie diese Wahl im Tag. Jedes Mal, wenn der Tag angetippt wird, startet die App.

Sind die Details eingegeben, wird ein Tag unter dem Gerät platziert und die Informationen werden in den Tag geschrieben.

### Das Evaluation-Board CLOUD-ST25TA

Das CLOUD-ST25TA-Entwicklungsboard ist ein Beispiel für ein Tag-Design zu geringen Kosten. Sie können eines (von 400) in der Elektor/STMicro-Verlosung [1] gewinnen. Die kleine Evaluations-Wolke, die in Bild 2 und links in Bild 3 zu sehen ist, enthält eine gedruckte Tx/Rx-Spule; außerdem ist das GPO-Ausgangssignal herausgeführt. Als Tag wird ein ST25TA02K-P verwendet, das ein 2-Kbit-EEPROM für die NDEF-Nachricht enthält und mit einer Datenrate von 106 Kbit/s arbeitet. Dieser Tag hat auch einen GPO-Ausgangspin. Die Tools-Option der ST25-NFC-Demo-App gibt einige Optionen des GPO-Pins frei zur Programmierung. Mit einem NFC-Leser/Schreiber kann man auf die internen Register zugreifen und den GPO-Ausgabemodus ändern:

**SessionOpen:** eine Übertragungssitzung ist noch nicht abgeschlossen;



Bild 2. Für Experimente und Entwicklungen: das CLOUD-ST25TA-Eval-Board.

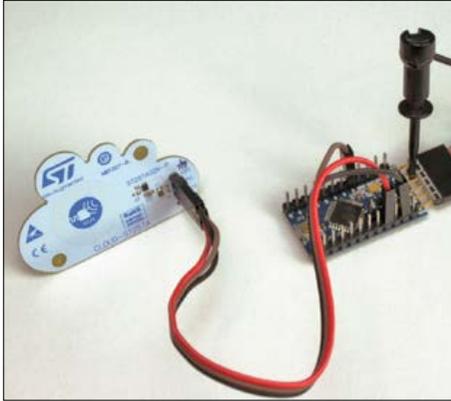


Bild 3. Das CLOUD-ST25TA-Entwicklungsboard kann meinen Arduino Pro Mini aufwecken.

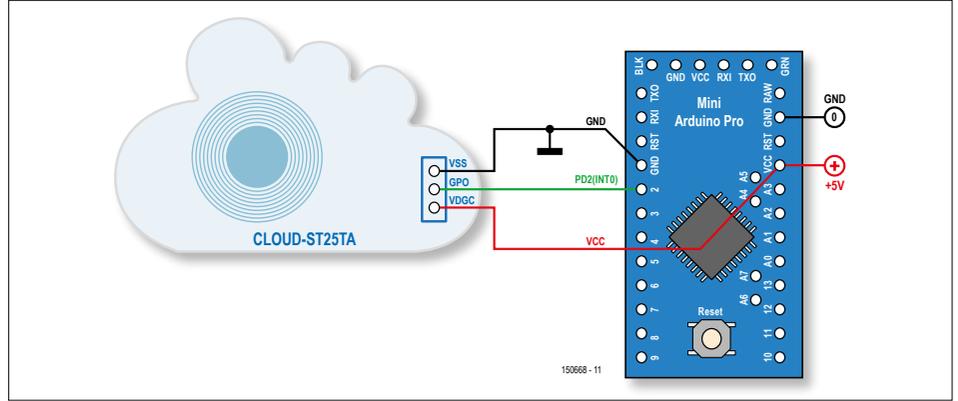


Bild 4. Der GPO-Ausgang des CLOUD-ST25TA arbeitet im Bereich von 1,65...5,5 V, so dass der Anschluss eines Arduinos (Pro Mini) äußerst einfach ist.

- MIP:** NDEF-Nachricht wird derzeit aktualisiert;
- WIP:** Schreibvorgang im Gange;
- INT:** (Interrupt): Der Host kann den ST25TA02K-P anweisen, einen Impuls auf dem GPO-Pin auszugeben;
- State mode:** der Host steuert den GPO-Pin direkt;
- RF busy:** ein HF-Host kommuniziert mit dem ST25TA02K-P;
- Field detection:** das empfangene HF-Feld ist ausreichend stark für die Kommunikation mit dem ST25TA02K-P (default).

Die GPO-Konfigurationsoptionen können, wenn gewünscht, dauerhaft durch Setzen des MSB des GPO-Kontrollfeldes auf „1“ gesperrt werden. Beachten Sie, dass nicht alle Optionen über die ST-App konfigurierbar sind. In der Standardeinstellung wird der GPO-Ausgang high, wenn das empfangene HF-Feld stark genug ist. In dieser Konfiguration kann ein Signalgenerator, abgestimmt auf 11...18 MHz und mit ein paar Drahtwindungen an seinem Ausgang, ein ausreichend kräftiges Signal produzieren, um den GPO-Ausgang umzuschalten.

Die neueste Version der ST Demo-App erlaubt es, das Verhalten des GPO-Pins zu ändern. Scannen Sie das CLOUD-ST25A-Board mit dem Smartphone oder Tablet und gehen Sie zum Tools-Menü in der

App. Hier können Sie einen von sieben möglichen GPO-Modi wählen. Klicken Sie auf „GPO Configure“ und führen Sie das CLOUD-Board an ihrem Gerät vorbei, um die Einstellungen zu übernehmen. Sie können nun den Status checken, in dem Sie das CLOUD-Board erneut scannen und mit der App in die Systemdatei hineinschauen. Falls Sie den GPO-Modus auf SC (State Control) eingestellt haben, dann lässt sich nun mit der Option „Drive GPO“ der Status des Pins ändern. Die Änderungen lassen sich nicht nur mit einem Smartphone durchführen, sondern beispielsweise auch mit der CR95HF-Development-Software (für Windows) und dem DEMO-CR95HF-Transceiver Board.

#### Beispiel-Sketch: NFC-Smartphone weckt den Arduino

Mit meinem Arduino Pro Mini habe ich eine einfache Anwendung entwickelt, um zu zeigen, wie man das CLOUD-ST25TA-Evaluation-Board in einer typischen Embedded-Umgebung verwendet. Der Sketch in Listing 1 kann von der Elektor-Projektseite [4] heruntergeladen werden [4]. Das CLOUD-ST25TA-Board wird mit nur drei Drähten am Arduino Pro Mini angeschlossen (Bild 4). Der GPO-Ausgang wird mit dem Interrupt-Eingang INT0 (D2) des Arduino verbunden. Der GPO-Pin kann 0,7 mA bei 1,65 V und 4 mA bei 5,5 V schalten. Das wäre ausreichend,

um eine High-efficiency-LED anzusteuern. Beachten Sie, dass das CLOUD-ST25TA-Board nur das Schaltelement zur Verfügung stellt, für eine Stromquelle muss man extern sorgen.

Bei der Entwicklung batteriebetriebener Geräte ist die Energieeffizienz entscheidend, vor allem im Schlafmodus. Das hier gezeigte einfache Beispiel versetzt den Arduino-Controller in den PWR\_DOWN-Modus, nachdem die LED fünfmal geblinkt hat. Von allen möglichen Schlafzuständen benötigt PWR\_DOWN die geringste Energie. Der GPO-Ausgang gibt in der Standardeinstellung ein logisches High-Signal aus, um anzuzeigen, dass das HF-Feld eines NFC-fähigen Smartphones oder Tablets in unmittelbarer Nähe des CLOUD-ST25TA-Evaluationboards vorhanden ist und weckt damit den Controller des Arduinos aus seinem Schlaf. Dieser rudimentäre Arduino-Sketch kann als Grundlage eines komplexeren Projekts verwendet werden. Elektor und STMicro sind an Ihren Anwendungen sehr interessiert. Zeigen Sie sie auf [www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com) oder senden Sie sie an den Verlag! Übrigens: Für ambitionierte Entwickler stellt STMicroelectronics sowohl den Quellcode STSW-ST25002 als auch die ausführbare Datei STSW-ST25001 [5] der ST25-Demo-App für Android zur Verfügung. ◀

(150668)

#### Weblinks

- [1] NFC mit Elektor und ST, Elektor 1/2016, S. 30f, [www.elektormagazine.de/150593](http://www.elektormagazine.de/150593)
- [2] STMicroelectronics NFC-Technologie mit ST25TA, Elektor 1/2016, S. 26ff, [www.elektormagazine.de/150472](http://www.elektormagazine.de/150472)
- [3] ST Demo-App: [www.st.com](http://www.st.com) oder im App-Store von Google Play
- [4] Beispielsketch: [www.elektormagazine.de/150668](http://www.elektormagazine.de/150668)
- [5] Sourcecode ST25 and M24SR Android App: [www.st.com/web/catalog/tools/FM147/SC1871/PF262828](http://www.st.com/web/catalog/tools/FM147/SC1871/PF262828)

**Listing 1. Beispiel für einen Wakeup-on-NFC-Sketch**

```

/*
  NFCwakeup
  This routine runs on a Pro Mini using input INT0 (D2) connected to
  the GPO output from the ST Microelectronics CLOUD ST25TA NFC eval brd.
  It flashes the LED five times and then goes to power saving sleep mode
  waiting for an NFC card to be swiped. It does 5 flashes then goes back
  to sleep.
*/
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/sleep.h>
#include <avr/power.h>
#include <avr/io.h>

int AwakeTime;           // awakeTime is the number of LED flashes before it goes to sleep
int wakePin = 2;         // use INT0

void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);    // The blinking LED
  pinMode(wakePin, INPUT_PULLUP); // define D2 as interrupt input
  byte AwakeTime = 5;    // Number of blinks before sleeping
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on
  delay(100);             // wait for 100 milliseconds
  digitalWrite(13, LOW);  // turn the LED off
  delay(100);             // wait for 100 milliseconds
  AwakeTime--;           // decrement loop counter
  if (AwakeTime <= 0) {  // check how many times we've looped
    sleepNow();          // if it's 5 times, go to sleep.
  }
}

void sleepNow(void)
{
  sleep_enable();
  attachInterrupt(0,awakeNow,HIGH); // NFC field detect generates a High on GPO
  delay(100);
  set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN); // Power down uses least power.
  sleep_mode(); // go bye byes
  //----sleeping---wait for interrupt from ST25TA evaluation board
  //ZZZZzz
  //----Wake up----An NFC tag has been swiped
  sleep_disable();
  detachInterrupt(0);
}

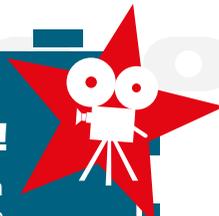
void awakeNow(void)
{
  // On wake up code here will be executed
  AwakeTime =5; // just reset loop timer and do 5 more blinks
}

```

# Willkommen im Elektor-Labor

Das Elektor-Labor ist der Ort, wo Projekte - groß, klein, analog, digital, new- oder old-school - skizziert, gebaut, diskutiert, getestet und für den Nachbau und Ihre Anwendung optimiert werden.

## Unser Angebot: Werden Sie berühmt!



Die meisten Ingenieure und angehenden Autoren sind einfach zu bescheiden. Sie sehen nicht den Reiz und die Schönheit einer auf einen Bierdeckel gekritzelten Idee, die später zu Hause ausgearbeitet wird. Lassen Sie sich vom Elektor-Labor helfen, ihr Projekt zu perfektionieren, überlassen Sie den Redakteuren Text und Grafik und ernten die Früchte Ihrer Arbeit in Form Ihres Namens, gedruckt in der Design-Rubrik von Elektor. Sicher, wir freuen uns, mit Ihnen über eine Vergütung zu verhandeln, aber Ruhm und Ehre im Land der Elektronik erlangen Sie vor allem, wenn Ihr Name der langen Liste der erfolgreichen E-Autoren hinzugefügt wird. Unsere „Wie werde ich berühmt“-Formel gilt auch für Buchautoren, Blogger und Video-Regisseure. Ob Jugendlicher oder Student: Eine Veröffentlichung in Elektor ist DER Booster für einen tollen Job!

## Unsere Geschichte

Die Ursprünge des Elektor-Labors gehen zurück auf die frühen 1970er-Jahre. Lötten und Schreiben war damals noch ein Ein-Mann-Schreibtisch-Job. Über die Jahre waren Mitarbeiter des Labors nicht nur Zeugen der Ankunft der Transistoren, der ICs, der Mikrocontroller und der SMDs, sondern sie setzten diese Bauteile auch sofort in der Praxis ein.

## Unsere Einrichtungen

Wir sind prächtig in drei geräumigen Zimmern im Elektor-Castle untergebracht, wo wir vergeblich versuchen, unsere Computer-Schreibtische frei von Lötspitzern und Prototyp-Verkabelungen zu halten. Wir haben Wasser, Netzspannung und Kaffee in der Nähe. Platinenfräsen, Prototypenmontage, SMD-Nachbearbeitung, Audio-Tests, Pizzabacken und mechanische Arbeiten sind in die umgebauten Keller verlagert.

## Unsere Produkte

Unsere Produkte sind in der Elektor-Zeitschrift, auf Elektor-Labs.com und im Elektor-Shop zu sehen. Das Sortiment umfasst Notizen für die Redaktion, Fotos von Prototypen, Platinen inklusive SMD-Vorbestückung, Layout-Dateien, Projekt-Software, programmierte Bauteile, Semi-Kits, Tools, Module, Videos und weitere Infos.



412

Project Proposals

65

Projects in Progress

182

Projects Finished

683

Projects Total

## Unser Maßstab

Alle Projekte und Produkte, die unser Labor verlassen, erfüllen einen hohen technischen Standard. In der Praxis werden Prototypen von Projekten, die in der Zeitschrift mit Labor-Projekt gekennzeichnet sind, einer strengen Prüfung mit unseren zertifizierten, kalibrierten Testgeräten unterworfen. Stücklisten und Schaltpläne müssen perfekt passen, Kits sind auf Vollständigkeit geprüft. Wir sind ROHS-kompatibel, bleifrei und entsprechen in unserem Labor den Normen für elektrische Sicherheit. Sollten trotz aller Sorgfalt technische Fehler erkannt werden, publizieren wir dies unmittelbar.

## Unsere Webinare

Die geschickteren unserer Labor-Ingenieure machen nicht beim Test von Prototypen halt, sie sind froh, Probleme der, Einblicke in die, aktuelle Informationen über die und Entwicklungstricks aus der Elektronik vor der Live-Kamera auf Elektor-TV zu diskutieren. Die Webinare aus dem Elektor-Labor sind kostenlos zu erreichen und extrem unterhaltsam. Sie werden in Elektor.POST angekündigt und live aus dem Elektor-Castle in den Niederlanden übertragen. Machen Sie mit!

## Unsere Experten und Entwickler

Neben den erfahrenen Support-Mitarbeitern und qualifizierten Ingenieuren mit einer Gesamtberufserfahrung von etwa 200 Jahren hat das Labor Zugang zu einem riesigen Netzwerk von Experten für eine Beratung, kritische Ratschläge und Unterstützung bei speziellen Aufgaben.

# elektor labs

Sharing Electronics Projects

Home Proposals In Progress Finished

Search

Log In

### Laden Sie Ihre eigenen Projekte hoch!

Auf unserer Webseite Elektor-Labs.com können Sie Ihre eigenen Projekte vorstellen und mit tausenden anderer Elektroniker weltweit teilen. Sie können auf dieser Seite auch den Aktivitäten anderer Elektroniker folgen, sie kommentieren und so den Projekten zur Fertigstellung verhelfen. Und das schönste ist, dass die besten Projekte in unserem „echten“ Elektor-Labor nachbearbeitet, getestet und schließlich in der Elektor-Zeitschrift veröffentlicht werden.

### Wer kann, wer darf?

Jeder kann Projekte auf Elektor-Labs.com ansehen. Aber nur Mitglieder dürfen sich auf der Webseite einloggen, um dort eigene Projekte vorzustellen und andere zu kommentieren.

Möchten Sie, dass auch Ihr Projekt in vier Sprachen in der Zeitschrift Elektor veröffentlicht und von zehntausenden Elektronikern auf der ganzen Welt studiert wird? Dann werden Sie grünes oder goldenes Mitglied ([www.elektor.de/mitgliedschaft](http://www.elektor.de/mitgliedschaft)) und loggen Sie sich als Mitglied unserer Elektor-Community ein!

LEARN

DESIGN

SHARE

# e•lektor PCB Service

Powered by

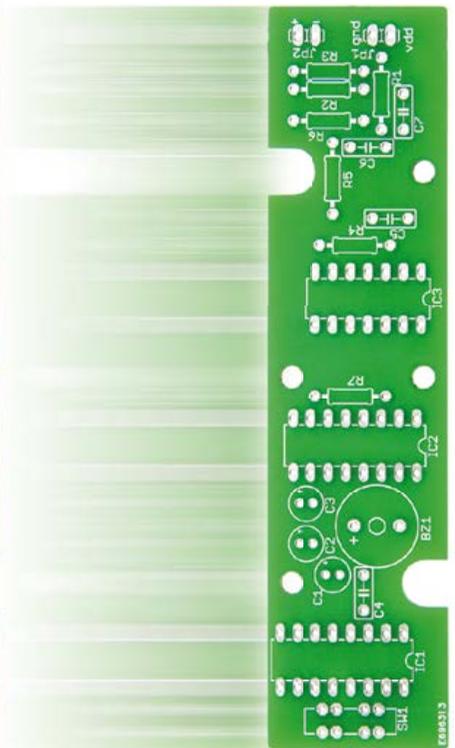
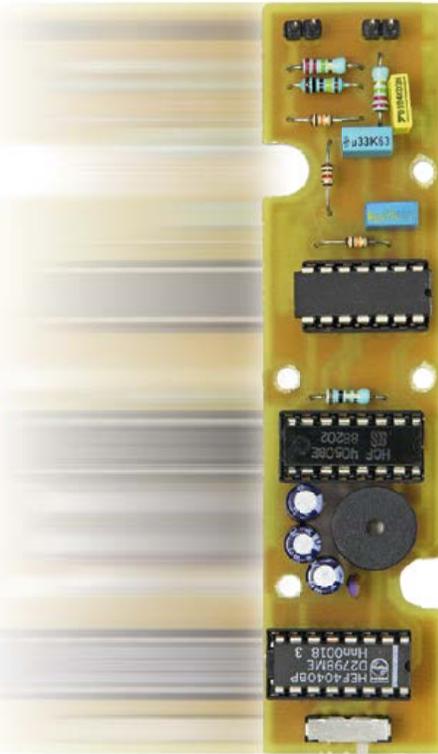
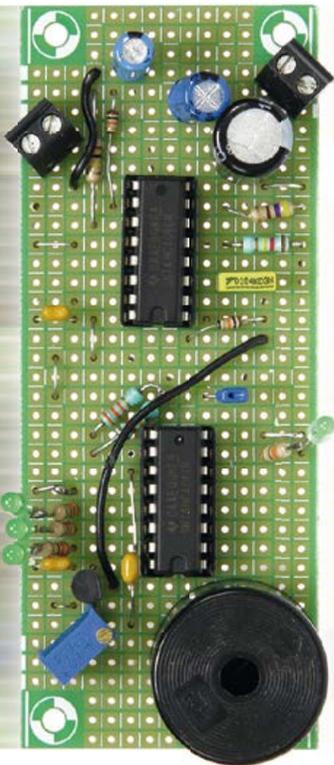


## Platinen – Prototypen – Multilayer – Kleinserien

➔ **Kostengünstig!**

➔ **Top-Qualität!**

➔ **Zuverlässig!**



- **PCB proto:**

Ideal für Privatleute, die schnell und günstig maximal 2 Leiterplatten nach vordefinierten Spezifikationen benötigen.

- **STANDARD pool:**

Diese Option ist für Firmen konzipiert, die ihre Kleinserie nach den am häufigsten verwendeten Spezifikationen produzieren lassen wollen.

- **RF pool:**

Wenn Ihre Entwicklung sehr anspruchsvolle Spezifikationen erfordert, ist 100-µm-Technologie die beste Wahl.

- **IMS pool:**

Bei dieser Option werden Aluminiumkern-Leiterplatten verwendet, um eine hohe Wärmeabfuhr zu gewährleisten.



Bestellen Sie Ihre Platinen jetzt unter:

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

# Willkommen bei DESIGN

Von Clemens Valens, Elektor Labs

SHARE

DESIGN

LEARN

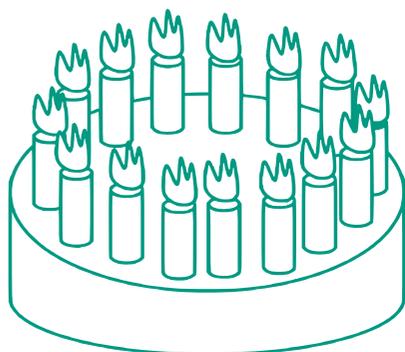
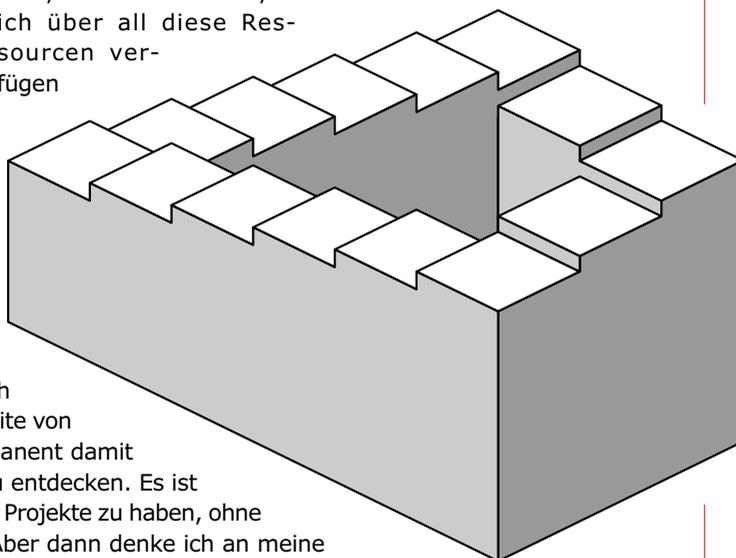


## Am Rande der Frustration

Obwohl meine Frau und meine Kinder es nicht verstehen, ich glaube, meine Arbeit ist großartig. Als leidenschaftlicher Elektronikliebhaber habe ich mein Hobby zum Beruf gemacht. Jeden Tag bekomme ich Pressemitteilungen über neue Produkte und Technologien, erhalte Einladungen zu Pressegesprächen, Produktdemonstrationen und Fachmessen und manchmal sogar Produktproben, mit denen ich kostenlos spielen darf. „Wenn Sie etwas brauchen, lassen Sie es mich wissen“, wird mir oft gesagt. Gleichzeitig finde ich es als praktisch denkender Ingenieur eher frustrierend. Alle diese neuen Teile, Boards und Technologien auf meinem Schreibtisch und ich habe keine Zeit, um auch nur einen kleinen Teil davon im Detail zu erforschen - all die Dinge, die ich bauen könnte, hätte ich nur die Zeit und das Geld dazu. Aber, um ehrlich zu sein, auch wenn ich über all diese Ressourcen verfü-

würde, ich befürchte, ich hätte es nicht geschafft, auch nur ein Projekt richtig abzuschließen, denn es gibt immer etwas Interessanteres um die nächste Ecke, das nur darauf wartet, erkundet zu werden. Ich bin halt so. Zeigen Sie mir eine Ecke, irgendeine, und ich möchte um sie herumsehen. Wie ein Schmetterling flattere ich von einer Technologie zur anderen, gleite von einem Hyperlink zum nächsten, permanent damit beschäftigt, staunend etwas Neues zu entdecken. Es ist wirklich frustrierend, all diese Ideen für Projekte zu haben, ohne sie jemals verwirklichen zu können. Aber dann denke ich an meine Arbeit, und dass ich dafür bezahlt werde, Ihnen über alles, was ich sehe, zu erzählen. Nun, ist das nicht ein frustrierend toller Job?

<https://en.wikipedia.org/wiki/Frustration>



WIKIPEDIA15  
維基百科十五歲

## Es lebe Wikipedia!

Zu Beginn dieses Jahres 2016 feierte Wikipedia seinen fünfzehnten Geburtstag. Ich glaube, Wikipedia ist großartig und ich benutze es auch oft. Dies fand ich in Wiki über positive Frustration: „Frustration can be considered a problem-response behavior, and [...] will build until a level that is too great for the individual to contend with, and thus produce action directed at solving the inherent problem.“ Nun, das ist genau das, was Sie in Elektor lesen. Viele der Projekte, die wir präsentieren, sind Früchte von Frustration. Platino, über den Sie in dieser Ausgabe lesen können, ist ein gutes Beispiel. Ich weiß es, weil es mein Projekt ist. Platino ist auch auf Wikipedia. Ich weiß es, weil ich es dort hineingesetzt habe. Es lebe Wikipedia! ◀

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Arduino\\_boards\\_and\\_compatible\\_systems#Arduino\\_footprint-compatible\\_boards](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Arduino_boards_and_compatible_systems#Arduino_footprint-compatible_boards)

150669

# NCSA – der Network Connected Signal Analyzer (1)

## dsPIC33 + W5500 = Oszilloskop, Spektrum-Analyzer und Signalgenerator

Von **Neal Martini** (USA)

Wer gerne ein Oszilloskop, einen einfachen Signalgenerator und einen Spektrum-Analyzer in seinem Elektronik-Labor haben möchte, der wird mit diesem preiswerten NCSA = Network Connected Signal Analyzer Freude haben. Ein einfach bedienbares PC-Programm mit grafischer Benutzeroberfläche und ein Frontend mit dsPIC33 spielen bei diesem Projekt gewinnbringend zusammen.

Ein NCSA erlaubt die Digitalisierung von Signalen mit einer Abtastrate von bis zu 1 MHz. Das digitalisierte Signal wird wie bei einem Oszilloskop angezeigt. Mit der Spektrum-Analyzer-Funktion der App kann man sich die spektralen Eigenschaften des Signals anzeigen lassen. Die Variablen der Fourier-Transformation sind dabei vom Anwender änderbar. Das User-Interface ist sehr grafisch orientiert und die Bedienung ist recht intuitiv. Außerdem ist auch noch ein analoger und digitaler Signalgenerator implementiert und für die Fourier-Transformationen stehen etliche unterschiedliche Fensterfunktionen bereit.

### Beschreibung

Bild 1 zeigt die Blockschaltung mit der Anordnung der wichtigsten NCSA-Bestandteile. Zuerst kommt das Frontend mit der Signalkonditionierung und Verstärkung, gefolgt von einem Präzisions-ADC. Die digitalisierten Signale werden dann per Ethernet an den PC über-

tragen und dort von einem Programm weiterverarbeitet und angezeigt.

Das NCSA-System verfügt über eine einfache Möglichkeit, analoge Signale zu generieren. Man kann damit Sinus-, Rechteck-, Dreieck-Signale oder Rauschen erzeugen. Das entstehende analoge Signal steht dann an einer BNC-Buchse zur Verfügung und kann extern verwendet werden. Man kann es auch in den Analyzer einspeisen und so Zeit- und Frequenz-Plots des Signals generieren.

In der PC-Software steckt die eigentliche Intelligenz. Bedient wird NCSA durch das User-Interface (UI) einer App. Hier lassen sich die Parameter für NCSA einstellen. Außerdem werden hier auch die zeit- und frequenzbasierten Daten ausgegeben. Die digitale Signalverarbeitung (Fensterfunktion, FFT, Skalierung, Leistungsberechnung) wird durch die App erledigt.

Die App beherbergt auch einen synthetischen Signalgenerator. Dieser Generator produziert digitale Signale, die auch

direkt wieder in die FFT-Signalverarbeitung eingeschleust werden können. Auf diese Weise kann man sogar dann die App sinnvoll ausprobieren, wenn kein NCSA-Modul verbunden ist. Man kann damit amplitudenmodulierte (AM) und frequenzmodulierte (FM) Signale sowie speziell geformte Rechteckwellen oder ein digitales Testsignal erzeugen. Sowohl Frequenz als auch Modulation sind vom Anwender veränderbar. Die erzeugten Signale entsprechen idealen, rauschfreien Signalen, die sich sehr gut für Experimente eignen. Später wird dann beschrieben, wie auch noch andere Varianten zur Liste digitaler Signale hinzugefügt werden können.



### Technische Daten:

- Kombination von Oszilloskop, Spektrum-Analyzer und Signalgenerator
- Abtastrate bis zu 1 MHz
- Unterstützt Subsampling
- Max. Eingangspegel: 0 dBm (0,225 VRMS)
- Empfindlichkeit: -80 dBm (22,5  $\mu$ VRMS)
- Ethernet-Anschluss
- Open-Source

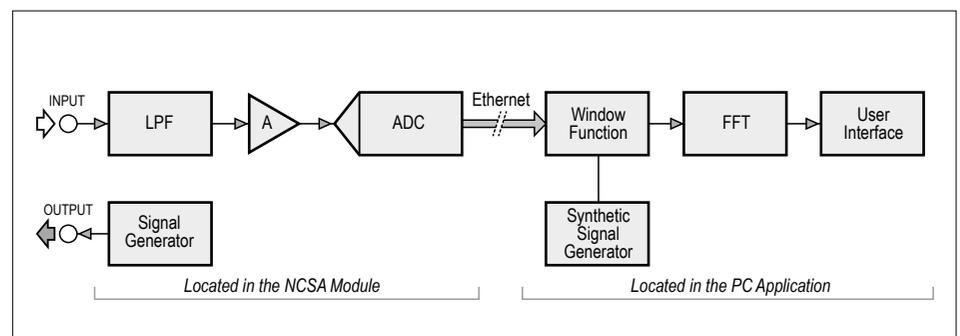
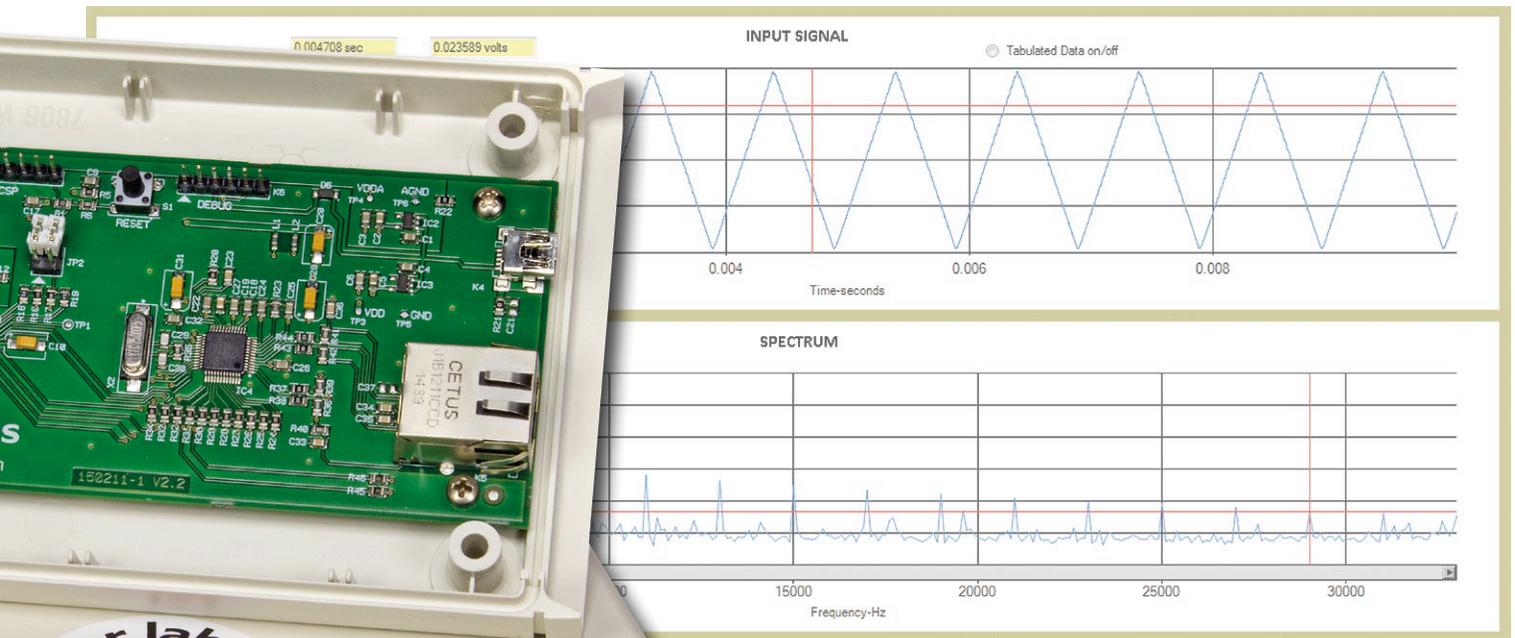


Bild 1. Blockschaltung.



**User-Interface**

Das UI ist sehr flexibel gehalten und erlaubt auch die kritischen Systemparameter der gesampelten Daten festzulegen. Dadurch kann der Anwender sehr plastisch sehen, wie sich diese Parameter auf die Qualität des Abtastens und der FFTs (Fast Fourier-Transformation) auswirkt.

Bild 2 zeigt den Aufbau des UI. Links unten wird in einer Info-Fläche angezeigt, ob ein NCSA-Modul über das Netzwerk angeschlossen ist oder nicht. Hier wird im Erfolgsfall die IP-Adresse des Moduls angezeigt.

Rechts daneben befindet sich ein Bereich namens „FFT Controls“. Hier kann der Anwender beispielsweise die Sampling-Frequenz  $F_s$  sowie die Anzahl der Datenpunkte  $N$  einstellen, die von einer FFT berücksichtigt werden. Weiter geht es mit der Auflösung des ADCs in Bits und der Anzahl gemittelter Spektren („Averages“). Ein Klick auf die Schaltfläche „Single FFT Real Data“ veranlasst das System dazu,  $N$  Samples via ADC des NCSA einzulesen und damit eine FFT durchzuführen. Im obigen Plot werden die zeitbasierten Daten wie bei einem norma-

len Oszilloskop angezeigt. Die frequenzbasierten Spektren hingegen sind im unteren Plot dargestellt. Später geht es dann auch um die Parameter und ihre Auswirkungen. Die Bedeutungen von „ADCS“ und „Low Spur Fs“ werden ebenfalls an anderer Stelle in diesem Beitrag behandelt. In diesem Feld gibt es außerdem noch die Option „auto FFT“. Damit kann man das System kontinuierlich neue Daten abtasten und transformieren lassen. Die Mittelung mehrerer einstellbarer Spektren hat den Zweck, das Rauschen bzw.

die Varianz bei periodischen Signalen zu reduzieren.

In der Mitte findet sich der Bereich „Window Type“. Hier kann der Anwender die Fenster auswählen, deren Hüllkurven den Daten aufgeprägt werden, bevor die FFT durchgeführt wird. Zu den Details und dem Warum gibt es später mehr Informationen.

Rechts davon befindet sich der Bereich „Synthetic Signal“. Hier können Signale generiert werden, es stehen AM, FM, Rechteck und ein Testsignal zur Verfügung. Wenn der Anwender auf das oberste Element dieses Bereichs klickt, wird eine FFT des Signals durchgeführt. Noch ein Stück weiter rechts kommt das

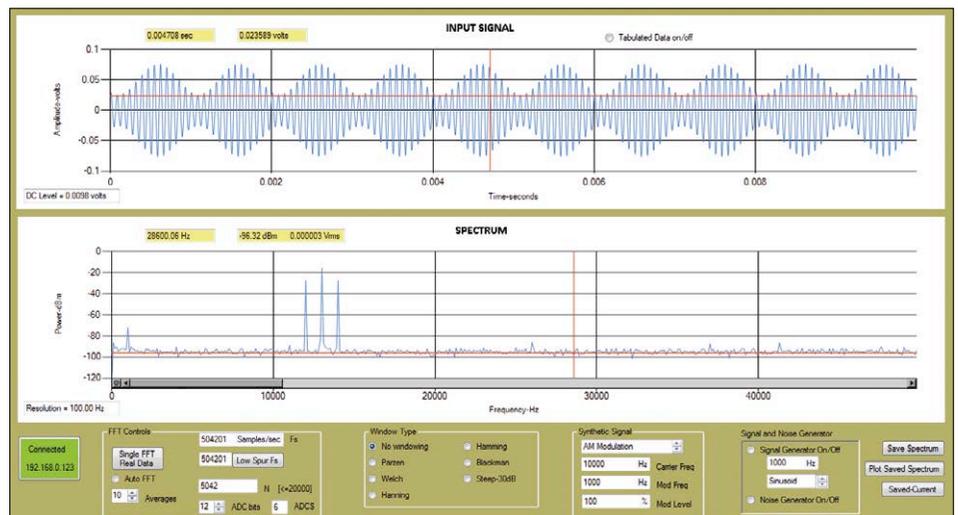


Bild 2. Der Eingang des NCSA-Systems ist an einen Signalgenerator angeschlossen, der ein AM-Signal produziert. Die PC-App zeigt oben den Amplitudenverlauf und unten das Spektrum des Signals. Der 13-kHz-Träger und seine Seitenbänder im Abstand von 1 kHz sind deutlich sichtbar.

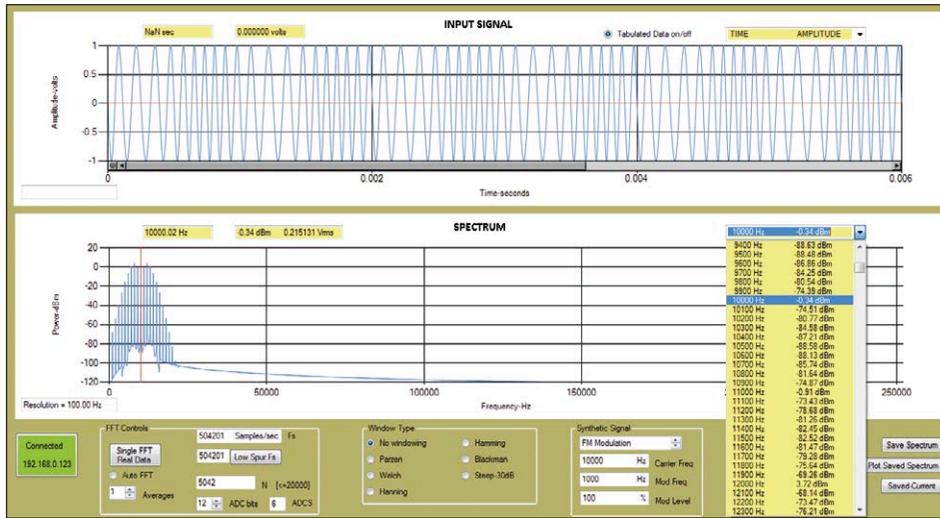


Bild 3. Das hier angezeigte Signal ist das praktisch ideale FM-Signal des synthetischen Signalgenerators des PC-Programms. Im Amplitudenverlauf oben sind die veränderlichen Trägerfrequenzen erkennbar. Unten sieht man das zugehörige Power-Spektrum. Mittenfrequenz, Bandbreite und Darstellung sind so gewählt, dass man das FM-Signal gut erkennt.

Feld „Signal and Noise Generator“. Hier kann man nach Wunsch Sinus-, Dreieck- oder Rechteckwellen sowie Rauschen einstellen. Diese analogen Signale werden vom Mikrocontroller des NCSA erzeugt. Das generierte Analogsignal steht an der BNC-Buchse am NCSA-Modul zur Verfügung. Man kann es zum Testen externer Schaltungen verwenden oder aber direkt wieder in den Eingang des Analyzers zurückführen. Dann kann man es ganz normal analysieren. Es gibt noch weitere Schaltflächen des UI, welche die grafischen Möglichkeiten erweitern. Die gelben numerischen Displays oberhalb der beiden Plots sind die Messwerte an der Cursorposition und enthalten oben die Signalamplitude zu einer bestimmten Zeit und unten den Pegel bei der jeweiligen Frequenz. Ganz oben rechts von der Mitte gibt es noch den Knopf

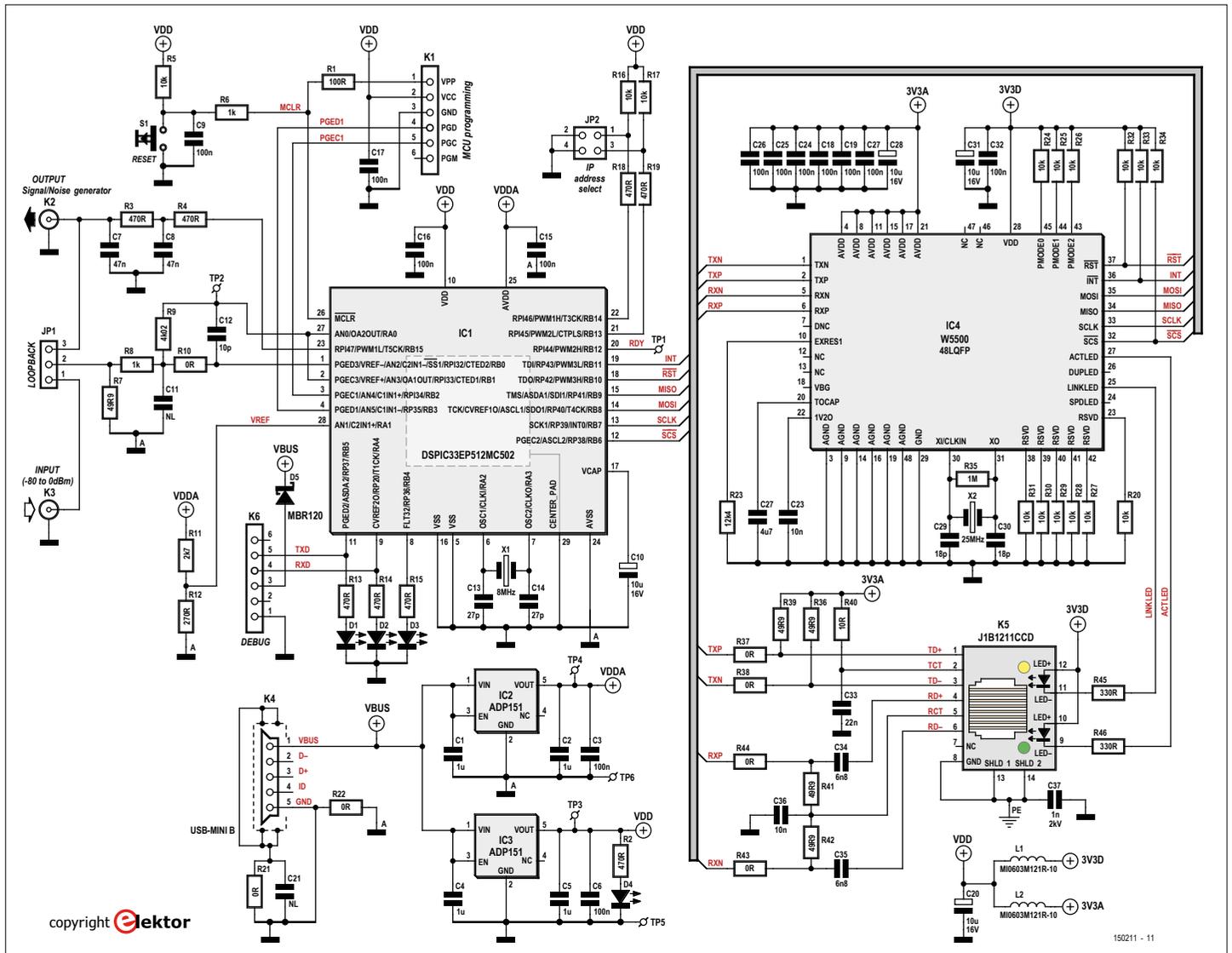


Bild 4. NCSA-Schaltung.

„Tabulated Date on/off“. Damit kann man zusätzlich zur grafischen Anzeige die Darstellung in Tabellenform aktivieren. Bild 3 zeigt, wie das aussieht.

Das UI erlaubt außerdem das Zoomen in beide Richtungen. Ein Beispiel ist der untere Plot von Bild 2. Dank Zoom können die Daten in hoher Detailtiefe inspiziert werden.

Interessant ist, dass die App auch ohne angeschlossenes NCSA-Modul betrieben werden kann. So kann man zwar keine aktuellen Daten registrieren, aber doch die Funktionen des Programms in aller Ruhe studieren, damit man ein Gefühl für die diversen Einstellungen z.B. beim Signalgenerator bekommt.

### Hardware

Die Schaltung des NCSA-Moduls ist in Bild 4 dargestellt. Die wichtigsten Bauteile sind sicher der Mikrocontroller dsPIC33EP512MC502 von Microchip und der Ethernet-Controller W5500 von WIZnet. Nicht unwichtig sind auch die Low-Drop-Spannungsregler guter Qualität des Typs ADP151 von Analog Devices. Ein dsPIC33 wurde aus verschiedenen Gründen ausgewählt. Zunächst sind die maximal 60 MIPS bei Verwendung der internen PLL Rechenleistung genug für so eine Hochgeschwindigkeitsanwendung. Der Typ dsPIC33 hat zudem 50 KB RAM, wodurch große Datenblöcke aufgenommen werden können, ohne den Umweg über externen Speicher gehen zu müssen. Da für analoge Signale auch ein analoger Eingang benötigt wird, ist es von Vorteil, dass dieses PIC-Modell auch über einen eingebauten Verstärker verfügt. Für einen genauen Takt ist ein externer 8-MHz-Quarz vorgesehen.

Ein dsPIC33 hat noch weitere Peripherie integriert, die für diese Anwendung wichtig ist. Gemeint sind z.B. die Timer (für die genaue Steuerung des Samplings und der Signalerzeugung), hochfrequentes PWM (für die Erzeugung von Signalen und Rauschen), das SPI-Modul (für die Kommunikation mit dem W5500), der 12/10-bit-ADC (für die Digitalisierung analoger Signale mit hohem Takt) und der Operationsverstärker (für das Anti-Aliasing-Filter und die Verstärkung am Eingang).

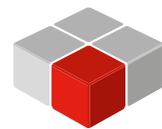
Das IC W5500 ist für die Kommunikation mit dem PC via Ethernet zuständig. Die Steuerung des W5500 durch den dsPIC33 wird über SPI und ein paar Steuerleitungen (RDY und Reset) vorgenommen.

Die elektrische Koppelung des W5500 mit dem physikalischen Ethernet wird mit Hilfe der speziellen Ethernet-Buchse J1B1211CCD realisiert. Diese Buchse enthält alle notwendigen Übertrager zur Pegelanpassung und elektrischen Isolation gegenüber dem physikalischen Ethernet.

Es fällt auf, dass zwei 3,3-V-Spannungsregler verbaut sind. Einer davon versorgt den analogen Teil des PIC und sorgt so für geringe Störungen von der digitalen Seite. Aus diesem Grund sind auch die vielen Masseleitungen der Platine sternförmig angeordnet. Die Spulen L1 und L2 reduzieren zudem Einstreuungen aus dem Ethernet in Signale von Mikrocontroller und dessen analogem Frontend. Der Spannungsregler ADP151 wurde wegen seines niedrigen Rauschens (9  $\mu$ V<sub>RMS</sub>) und des geringen minimalen Spannungsabfalls (140 mV) ausgewählt. Niedriges Rauschen ist gut für die Versorgung des Analogteils und der niedrige Spannungsabfall ermöglicht die Versorgung mit 5 V (via USB-Buchse) und erübrigt so Kühlkörper. Als Außenbeschaltung kommt ein ADP151 mit recht kleinen Kondensatoren aus. Die 5 V über die mini-USB-Buchse sollten besser aus einem eigenen 5-V-Netzteil stammen statt direkt von einer USB-Buchse eines PC herrühren. Der Eingang des NCSA ist naturgemäß empfindlich und kann noch Signale im Mikrovoltbereich erfassen. Die Versorgung über eine USB-Buchse eines PCs kann zu geringen Störpegeln (<-80 dBm) im Spektrum führen. Mit meinem iPhone-Ladegerät z.B. verschwanden diese Störungen. Außerdem ist ein NCSA mit eigenem Netzteil vom PC potentialgetrennt, was für viele Messungen ein Vorteil ist.

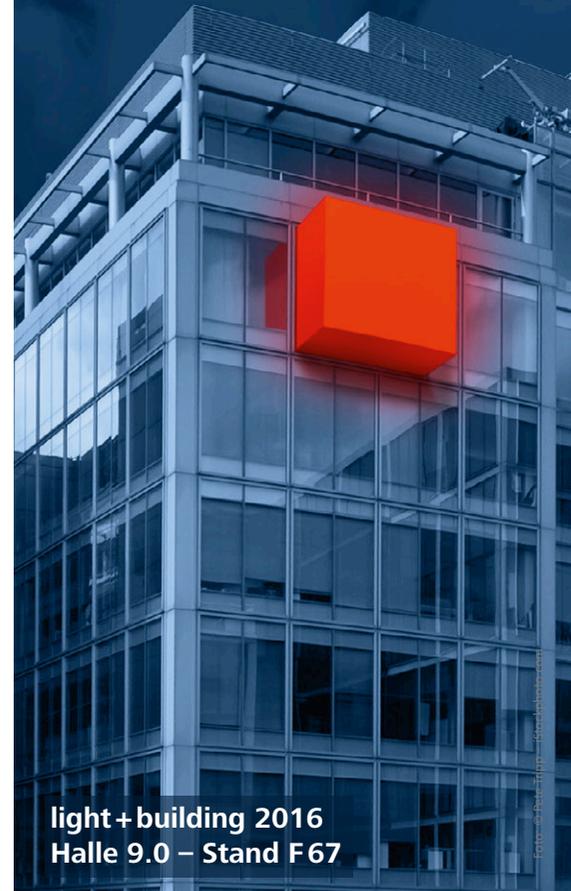
Wird das Modul via USB mit Spannung versorgt, setzt sich der dsPIC33 zurück und es kann losgehen. Ein manueller Reset kann auch mit dem Taster S2 der Platine erzwungen werden.

An Steckverbindungen befinden sich auf der Platine ein Programmer-Anschluss für den PIC (K1), zwei BNC-Buchsen für den analogen Signalgenerator-Ausgang (K2) und den analogen Eingang (K3) sowie ein Anschluss mit seriellem Port (K6) für das Debugging. Außerdem gibt es zwei Jumper: Mit JP1 kann man das Signal des Generators direkt wieder auf den analogen Eingang zurückführen, und mit JP2 kann man eine von vier statischen IP-Adressen auswählen (siehe Tabelle 2).



**CODESYS**

Anzeige



light + building 2016  
Halle 9.0 – Stand F 67

## CODESYS® in Building Automation

- Projektierungsplattform für Gebäudeautomation/GLT-Systeme, standardisiert nach IEC 61131-3
- Kommunikationsstandards wie BACnet, EtherCAT/CANopen, OPC/OPC UA
- **Für Gerätehersteller:** mit einfacher Implementierung zur eigenen Gebäudesteuerung
- **Für Projektierer:** Hunderte kompatible Geräte, Updates zur Laufzeit, webbasierte Fernbedienung und Diagnose integriert

**codesys.com**

CODESYS® eine Marke der 3S-Smart Software Solutions GmbH

Es gibt vier LEDs auf der Platine. LED4 steht für „Power On“, LED3 zeigt eine Ethernet-Verbindung an (schnelles Blinken) und die erfolgreiche Koppelung eines PCs mit NCSA (langsameres Blinken), LED2 leuchtet bei Datenübertragung und LED1 dient dem Debugging.

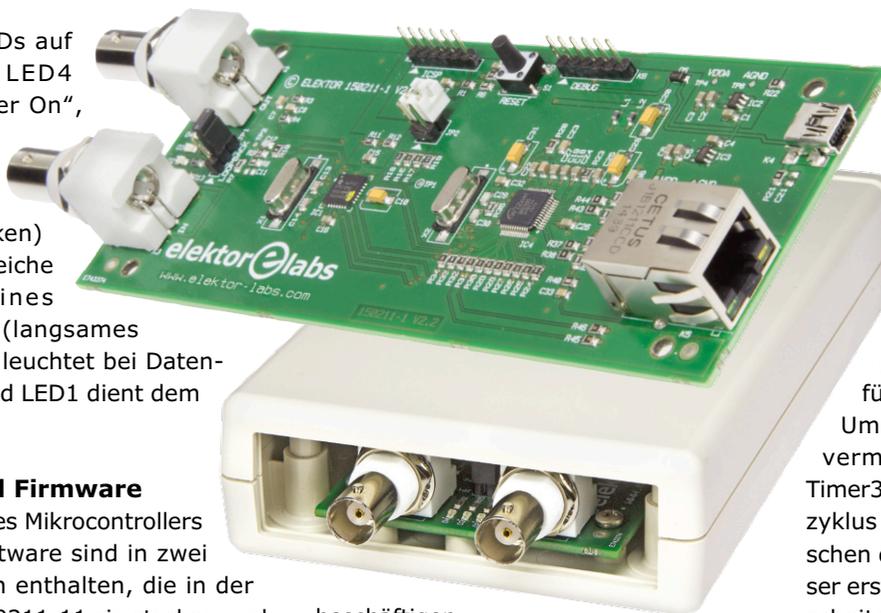
### Software und Firmware

Die Firmware des Mikrocontrollers und die PC-Software sind in zwei Projekt-Dateien enthalten, die in der Archiv-Datei 150211-11.zip stecken, welche kostenlos von der Elektor-Webseite zu diesem Artikel [1] heruntergeladen werden kann. Die dsPIC33-Firmware wurde in C mit Hilfe der kostenlosen MPLAB-X-IDE von Microchip erstellt. Die PC-Software wurden in C# mit der freien IDE Visual Studio 2010 Express von Microsoft geschrieben. Der komplette Source-Code in C bzw. C# ermöglicht die Anpassung an spezielle eigene Bedürfnisse und die Ergänzung mit Erweiterungen.

Es existiert auch eine fertig kompilierte ausführbare Datei der PC-App. Wenn man den Installer setup.exe ausführt, wird das Programm WindowsFormsApplication1.exe automatisch auf dem PC installiert. Zum Betrieb muss selbstverständlich noch Microsofts .NET 4.0 (oder neuer) installiert sein. Diese Software kann man bei Bedarf direkt von Microsofts Webseiten downloaden. Bei installierten Visual Studio 2010 Express ist die .NET-Umgebung automatisch mit installiert.

### Digitalisierung

Wenn man die Signalverarbeitung des NCSA genau verstehen will muss man sich mit den Details der Digitalisierung



beschäftigen.

Bild 5 zeigt den Digitalisierer. Zunächst zur Steuerung des ADC.

Der Takt für den ADC wird vom Systemtakt des Mikrocontrollers von 60 MHz abgeleitet. Hierfür wird dieser durch eine Konstante (ADCS + 1) geteilt. Der Wert für ADCS kann via UI verändert werden, aber hierfür gibt es Grenzen. Mit Timer3 wird der Start einer Analog/Digital-Umsetzung getriggert. TAD ist die Periodendauer des ADC-Takts und beträgt:

$$TAD = (ADCS + 1) / 60 [\mu\text{s}]$$

Laut dsPIC-Datenblatt beträgt der Wert für TAD bei 10 bit Auflösung minimal 75 ns und bei 12 bit minimal 117 ns. Daher muss ADCS bei 10 bit mindestens 4 und bei 12 bit mindestens 6 betragen. Man kann den ADC auch schneller betreiben, allerdings dann auf Kosten der Genauigkeit. Berücksichtigt man, dass für eine 10-bit-Wandlung 15 TAD und für 12 bit entsprechend 17 TAD benötigt werden, ergeben sich damit die Abtastraten von Tabelle 1. Wenn der Anwender ADCS-Werte einstellt, die außerhalb des zulässigen Bereichs liegen, leuchtet

im UI eine gelbe Warnanzeige auf. Das NCSA-Modul funktioniert dann immer noch prima, nur eben etwas unpräziser.

Noch eine Anmerkung: Wenn der NCSA-Signalgenerator aktiv ist, sollte die Abtastrate unterhalb von 500 kHz liegen, da man sonst Fehler im Spektrum bekommt, weil der Signalgenerator dann nicht genug Zeit für Updates hat.

Um Jitter bei der Digitalisierung zu vermeiden, sollte ein Trigger durch Timer3 nicht in der Mitte eines ADC-Taktzyklus eintreffen. Wenn ein Trigger zwischen den Taktflanken eintrifft, wird dieser erst am Ende eines TAD-Zyklus abgearbeitet. Dann wird der Startzeitpunkt der Digitalisierungen schwanken und das Resultat ist Jitter. Dies kann verhindert werden, wenn man gewährleistet, dass die Abtastfrequenz  $F_s$  ein ganzzahliges Vielfaches der TAD-Zyklen ist. Die erreicht man mit den folgenden beiden Gleichungen:

$$F_s(10\text{bit}) = 1 / (12 + 3 + K) \times (TAD)$$

$$F_s(12\text{bit}) = 1 / (14 + 3 + K) \times (TAD)$$

wobei K eine Integer-Konstante ist. Die 12 und die 14 ergeben sich aus der Anzahl nötiger TAD-Zyklen für eine Digitalisierung. Die 3 sorgt für eine sichere Verzögerung zwischen Timer3-Trigger und dem tatsächlichen Start des ADC. Wenn der Anwender die gewünschte Abtastfrequenz im UI eingibt, berechnet die App die nächstliegende  $F_s$ , bei der kein Jitter auftritt. Doch erst wenn der Knopf „Low Spur  $F_s$ “ bei „FFT Controls“ betätigt wird, wird diese berechnete  $F_s$  auch angewendet und tatsächlich Jitter reduziert.

Nun zum analogen Frontend: Hier gibt es ein Anti-Aliasing-Filter samt Verstärker. Der Opamp ist im dsPIC33EP512MC502 integriert. Nur die passiven Bauteile sind extern. Realisiert wurde ein MFB-Filter (Multiple FeedBack). Das Filter bzw. die Bauteilewerte wurden mit FilterLab 2.0 von Microchip berechnet. Im Original war ein zweipoliger Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 500 kHz vorgesehen. Das Platinen-Layout ist dafür ausgelegt. Allerdings stellte ich fest, dass der dsPIC-Opamp ein ziemlich großes Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt von gut 6 MHz aufweist. Der Opamp verarbei-

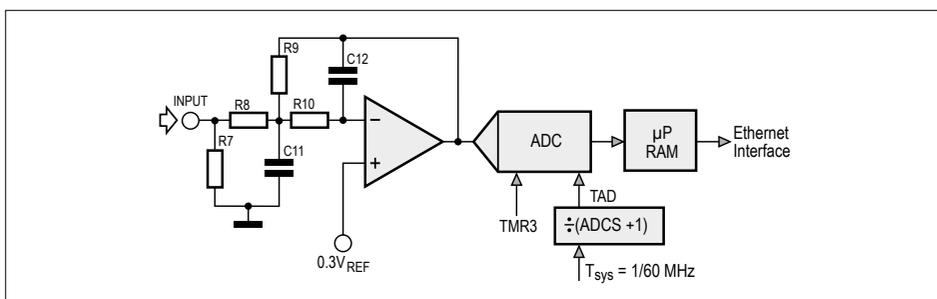


Bild 5. Analoger Eingang und Digitalisierung.

Tabelle 1. Maximale Abtastraten als Funktion von ADCS

ADCS	$T_{AD}$ [ns]	$F_s$ max. [kHz] (10 bit)	$F_s$ max. [kHz] (12bit)
3	67	1000	882
4	83	800	705
5	100	666	588
6	117	571	504

tet daher auch Frequenzen oberhalb der maximalen Abtastrate des ADCs, wohl bloß etwas abgeschwächt. Setzt man aber die Grenzfrequenz des Filters nach oben, erhält man auch Spektralanteile deutlich oberhalb der Abtastfrequenz. Signale mit höherer Frequenz kann man dann mit Subsampling (wird später erläutert) erfassen. In diesem Fall wird das Aliasing vorteilhaft ausgenutzt. Folglich wurde eine eher weiche Filterung zugunsten hoher Bandbreite realisiert. Um dies zu erreichen, wurde der zweite Filterpol weggelassen. R10 hat daher einen Wert von  $0 \Omega$  und C11 wird gar nicht bestückt. Der übrige Pol wird zudem auf eine hohe Frequenz gelegt, sodass auch höherfrequente Signale am ADC-Eingang anliegen. C12 setzt mit seinen 10 pF die Grenzfrequenz auf fast 4 MHz.

Bezüglich der Widerstandswerte wurde R7 auf  $50 \Omega$  gesetzt, womit sich die übliche Eingangsimpedanz eines Spektrum-Analyzers ergibt. Die Verstärkung errechnet sich zu:

$$R9 / (R8 + R7) = 4.000 / (1.000 + 50) = 3,809$$

Mit der Referenzspannung von 0,3 V wird der Arbeitspunkt des Eingangs auf 1,44 V festgelegt. Auf diese Weise können auch bipolare Signale am Eingang angelegt werden.

Wichtig ist nun noch zu wissen, welche minimalen und maximalen Signale ein NCSA-System verarbeiten kann. Die maximale Eingangsspannung ergibt sich aus dem Punkt, an dem Verstärker und ADC in die Sättigung gelangen. Mit der Verstärkung von 3,809 und den erwähnten 1,44 V wird ab einem Pegel von 0,225 VRMS (0 dBm) eine Begrenzung im Spektrum sichtbar. Das ist aber keine echte Einschränkung, denn man kann ganz einfach per Abschwächer auch größere Pegel erfassen.

Viel wichtiger ist der kleinste praktisch nutzbare Signalpegel. Zwar wurde auf die FFT noch nicht eingegangen, doch soviel vorweg: Entscheidend für den gerings-

ten nutzbaren Pegel ist der Noise Floor (Rauschpegel) der FFT. Die theoretische Gleichung hierfür lautet:

$$\text{Noise Floor} = \text{SNR des ADC} + \text{FFT-Prozessverstärkung}$$

Das SNR (Rauschverhältnis) des ADC ist eine Funktion der Auflösung in Bits und entspricht  $6,02 \times (\text{Anzahl Bits}) + 1,76$  dB. Die FFT-Prozessverstärkung ist eine Funktion der Anzahl an Samples der FFT und errechnet sich zu:

$$10 \log_{10}(\text{Anzahl Samples} / 2) \text{ [dB]}$$

Bei einem 12-bit-ADC und einer FFT mit 4.096 Datenpunkten ergibt sich:

$$\text{FFT Noise Floor} = (6,02 \times 12 + 1,76) + 10 \log_{10}(4.096 / 2) = 107 \text{ dB}$$

Aufgrund von Einschränkungen erreicht man den theoretisch möglichen Noise Floor in der Praxis nie. Es gibt viele Einflüsse wie Abschirmung, Rauschen von Bauteilen, Layout, Signalübersprechen, ADC-Rauschen etc., die zu einem höheren Noise Floor führen. Wenn man sich die hier abgebildeten Beispiele anschaut, sieht man im Bereich zwischen -80 und -100 dBm im Spektrum durchaus unerwünschte Störungen. Doch alles oberhalb von -80 dBm sieht sehr sauber aus. Daher ist der kleinste mögliche Eingangspegel des NCSA-Systems etwa -80 dBm (Bild 6). Das ist gemessen an der verwendeten Hardware gar nicht mal so übel!

### Schnellstart

Die Verwendung des NCSA-System ist einfach. Man muss das Modul lediglich mit der Stromversorgung und via Ethernet mit dem LAN verbinden sowie die Windows-App starten. Das PC-Programm sucht automatisch an den vier möglichen IP-Adressen nach einem NCSA-Modul. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass das Programm das Modul im LAN entdeckt und sich mit ihm verbunden hat. Da es viele verschiedene Router gibt,

ARMKEIL

Microcontroller Tools

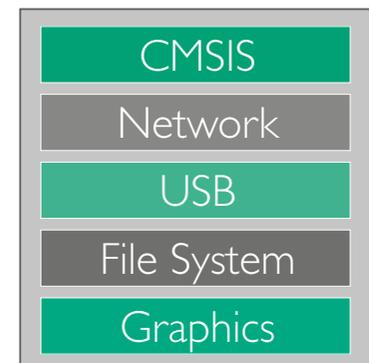
MDK Version 5

Die komplette Software-Entwicklungs-umgebung für alle ARM® Cortex®-M Mikrocontroller

Unterstützt über 3000 Mikrocontroller  
Cortex-M0 • Cortex-M3  
Cortex-M4 • Cortex-M7



Sofort einsetzbare Softwarekomponenten



[www.keil.com/mdk](http://www.keil.com/mdk)  
089/45604020

sind am NCSA-Modul vier unterschiedliche IP-Adressen auswählbar. Nach dem Einschalten oder einem Reset liest der Mikrocontroller JP2 aus und übergibt dem W5500 die zugehörige statische IP-Adresse laut Tabelle 2. Damit ein PC via LAN Verbindung mit dem

NCSA-Modul aufnehmen kann, müssen die ersten drei Bytes seiner IP-Adresse und der des NCSA-Moduls übereinstimmen. Mit den vier Adressen werden viele aktuelle Router abgedeckt. Falls man einen anderen Router hat wie z.B. ein Exemplar von AVM, kann man auch andere IP-Ad-

ressen direkt in den Code eintragen. Bei AVM wäre z.B. 192.168.178.123 passend. Das NCSA-System muss neu gestartet werden, wenn man die IP-Adresse ändert. Außerdem muss das NCSA-System schon laufen, bevor die App auf dem PC gestartet wird.

## Stückliste

### Widerstände:

Wenn nicht anders angegeben: SMD 0805, 5 %, 0,1 W

R10,R21,R22,R37,R38,R43,R44 = 0  $\Omega$   
 R40 = 10  $\Omega$   
 R7,R36,R39,R41,R42 = 49 $\Omega$ , 1%  
 R1 = 100  $\Omega$   
 R12 = 270  $\Omega$   
 R45,R46 = 330  $\Omega$   
 R2,R3,R4,R13,R14,R15,R18,R19 = 470  $\Omega$   
 R6, R8 = 1 k  
 R11 = 2k7  
 R9 = 4k02, 1 %  
 R5,R16,R17,R20,R24,R25,R26,R27,R28,R29,  
 R30,R31,R32,R33,R34 = 10 k  
 R23 = 12k4, 1 %  
 R35 = 1 M

### Kondensatoren:

Alle: SMD 0805  
 C12 = 10 p  
 C29,C30 = 18 p

C13,C14 = 27 p  
 C37 = 1 n / 1.000 V  
 C34,C35 = 6n8n  
 C23,C36 = 10 n  
 C33 = 22 n  
 C7,C8 = 47 n  
 C3,C6,C9,C15,C16,C17,C18,C19,C22,C24,C25,  
 C26,C32 = 100 n  
 C1,C2,C4,C5 = 1  $\mu$   
 C27 = 4 $\mu$ 7  
 C10,C20,C28,C31 = 10  $\mu$  / 16 V, Tantal  
 C11,C21 = nicht bestückt

### Induktivitäten:

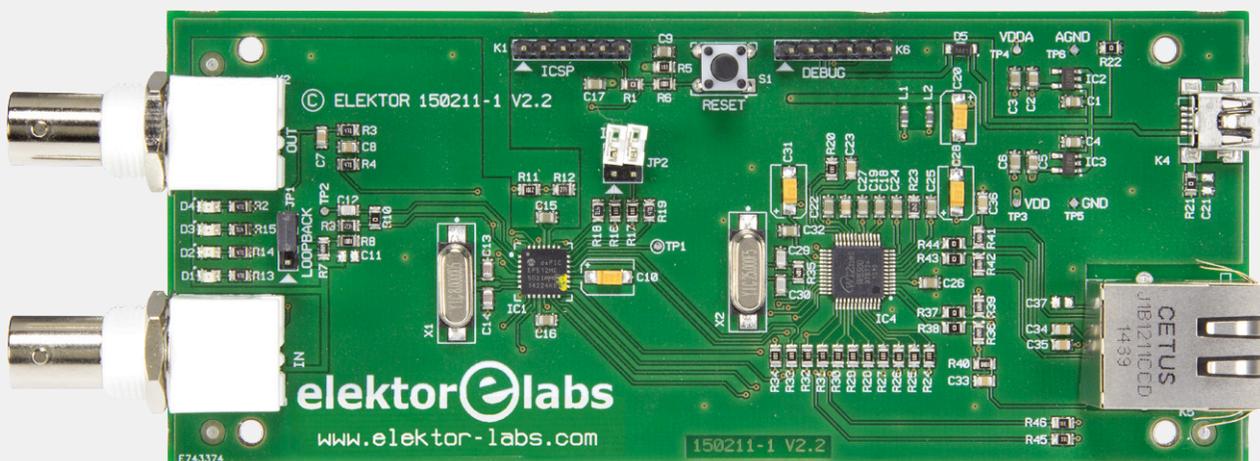
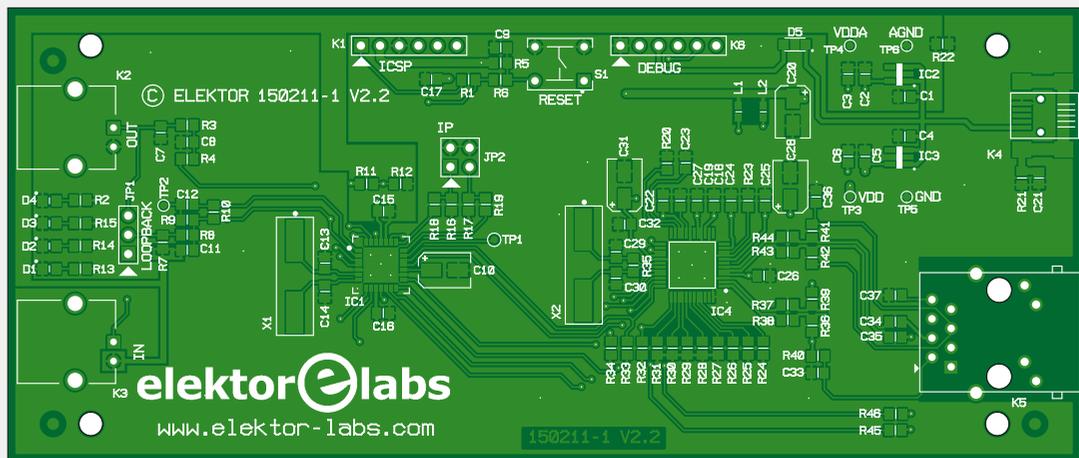
L1,L2 = Ferrit 600  $\Omega$ , 1 A

### Halbleiter:

D1,D2,D3,D4 = LED, rot  
 D5 = MBR120LSFT1G  
 IC1 = DSPIC33EP512MC502-I/MM  
 IC2, IC3 = ADP151  
 IC4 = W5500 (WIZnet)

### Außerdem:

JP1 = 3-pol. Pinheader, RM 0,1"  
 JP2 = 4-pol. Pinheader, RM 0.1"  
 K1,K6 = 6-pol. Pinheader, RM 0.1",  
 abgewinkelt  
 K2,K3 = BNC-Buchse, Platinenmontage,  
 abgewinkelt  
 K4 = mini-USB-B-Buchse, Platinenmontage,  
 abgewinkelt  
 K5 = J1B1211CCD, RJ45-Ethernet-Buchse mit  
 Übertragern und LEDs  
 S1 = Taster, Schließer, einpolig, 6 x 6 mm  
 X1 = Quarz, 8 MHz  
 X2 = Quarz, 25 MHz  
 Jumper für JP1 und JP2  
 Gehäuse: OKW Typ O 155, Vers. I; #150211-  
 71 via Elektor-Shop  
 Platine: #150211-1-v2.2 via Elektor-Shop  
 Platine, fertig bestückt: #150211-91 via  
 Elektor-Shop



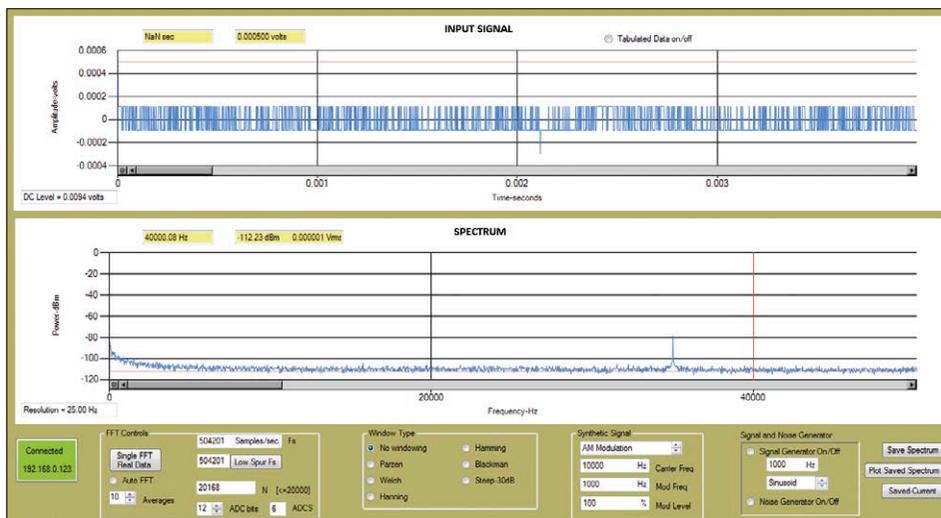


Bild 6. Dank der Prozessverstärkung der FFT sind auch sehr kleine Signale noch darstellbar. Hier zeigt sich ein 35-kHz-Signal mit einem Pegel von nur -80 dBm entsprechend 22,5 µV<sub>RMS</sub>! Der Amplitudenverlauf oben ist nicht sehr informativ, denn bei diesem kleinen Pegel sieht man nicht viel.

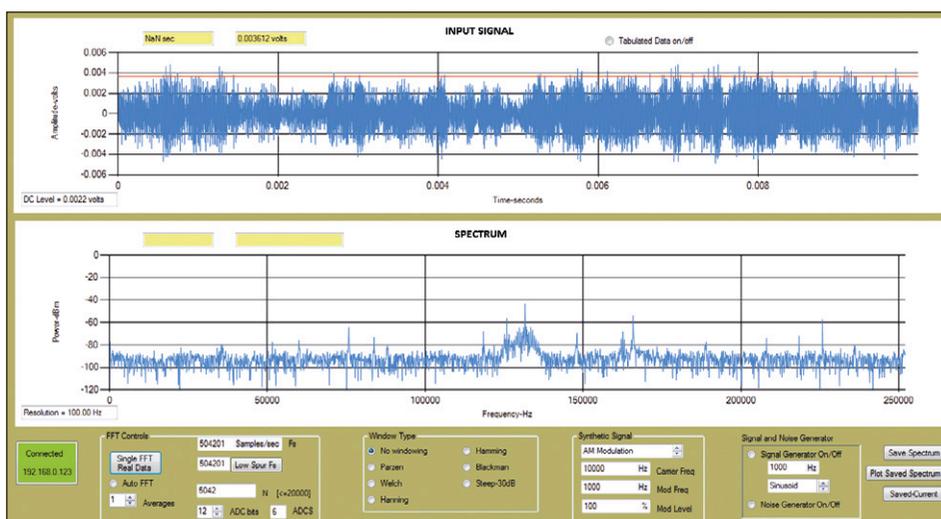


Bild 7. Dieses Beispiel nutzt eine Technik namens Subsampling um das HF-Signal eines Mittelwellensenders bei 1.140 kHz in der Heimatstadt des Autors (Boise, Idaho, USA) darzustellen. Als Antenne diente ein 3 m langes Stück Draht, das direkt am NCSA-Eingang angeschlossen wurde. Abgetastet wird aber lediglich mit 500 kHz und trotzdem klappt das. Warum sich dieses Signal aber bei 131,598 kHz zeigt, wird in der nächsten Folge aufgeklärt.

**Ausblick**

In diesem Artikel geht es um die Hardware des Network Connected Signal Analyzer und um dessen Einsatz. In der

nächsten Ausgabe (April 2016) gibt es tiefere Einblicke in die Software, die das Gerät beseelt. Außerdem verhilft das Verständnis des mathematischen Hintergrunds dazu, nicht nur das NCSA-System optimal einzusetzen (Bild 7), sondern ermöglicht auch die Modifikation des Systems nach eigenen Vorstellungen. Bleiben Sie neugierig! ◀

(150211)

**Weblink**

[1] [www.elektormagazine.de/150211](http://www.elektormagazine.de/150211)

**Tabelle 2. Statische IP-Adresse anhand von JP2**

JP2 Pin3	JP2 Pin1	IP-Adresse
GND	GND	192.168.1.123
GND	Open	192.168.0.122
Open	GND	192.168.2.123
Open	Open	192.168.0.123

Anzeige

**You CAN get it...**  
 Hardware und Software für CAN-Bus-Anwendungen...

**embeddedworld2016**  
 Exhibition & Conference ... it's a smarter world Besuchen Sie uns in Halle 1, Stand 620

**PCAN-Router FD NEU**  
 Programmierbarer Router für CAN und CAN FD mit 2 Kanälen.  
**250 €**

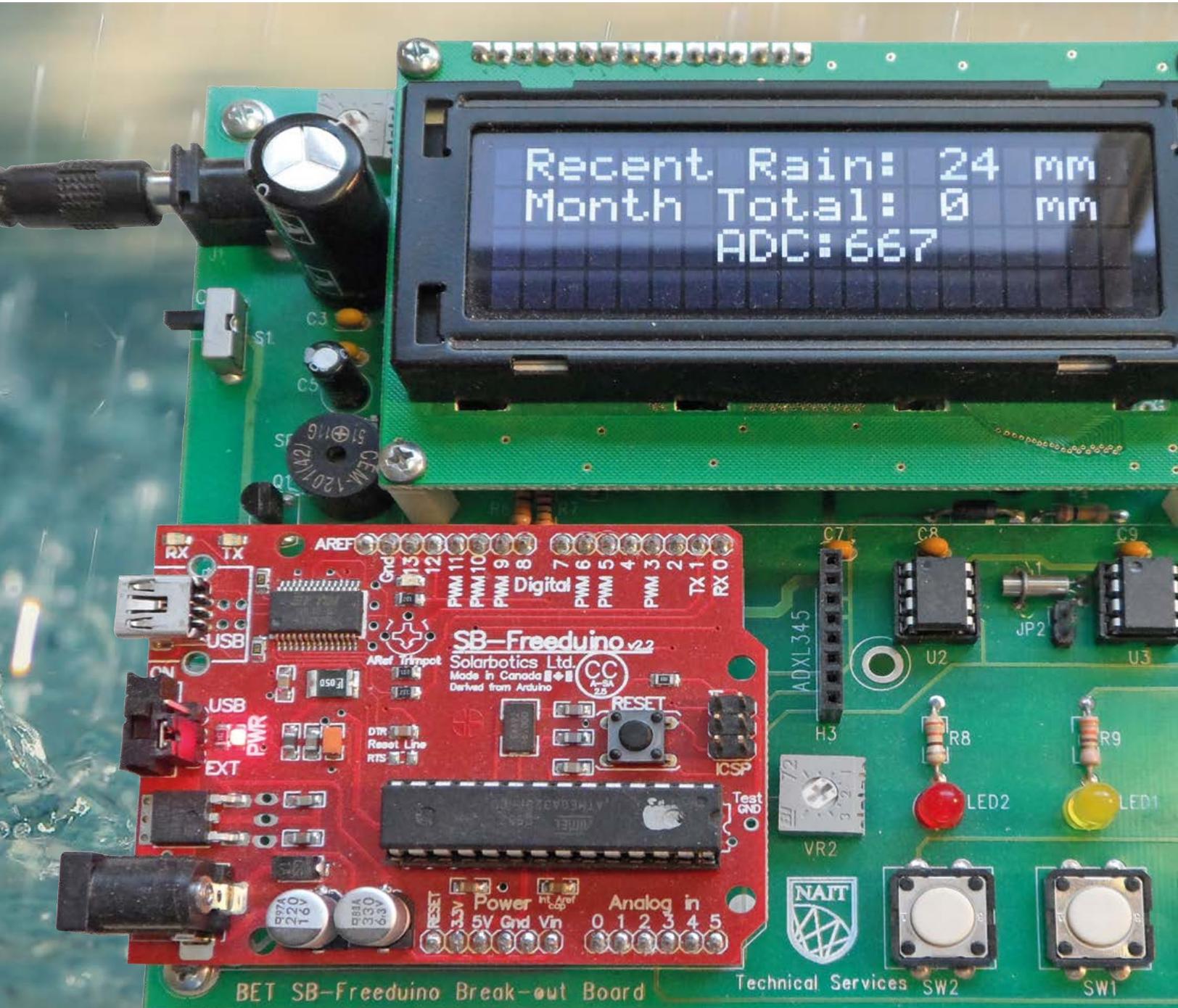
**PCAN-GPS**  
 Programmierbares Sensormodul mit CAN-Anbindung zur Positions- und Lagebestimmung.  
**240 €**

**PCAN-miniPCle**  
 CAN-Interface mit galvanischer Trennung für PCI Express Mini-Steckplätze. Als Ein- und Zweikanalkarte erhältlich.  
**ab 220 €**

[www.peak-system.com](http://www.peak-system.com)

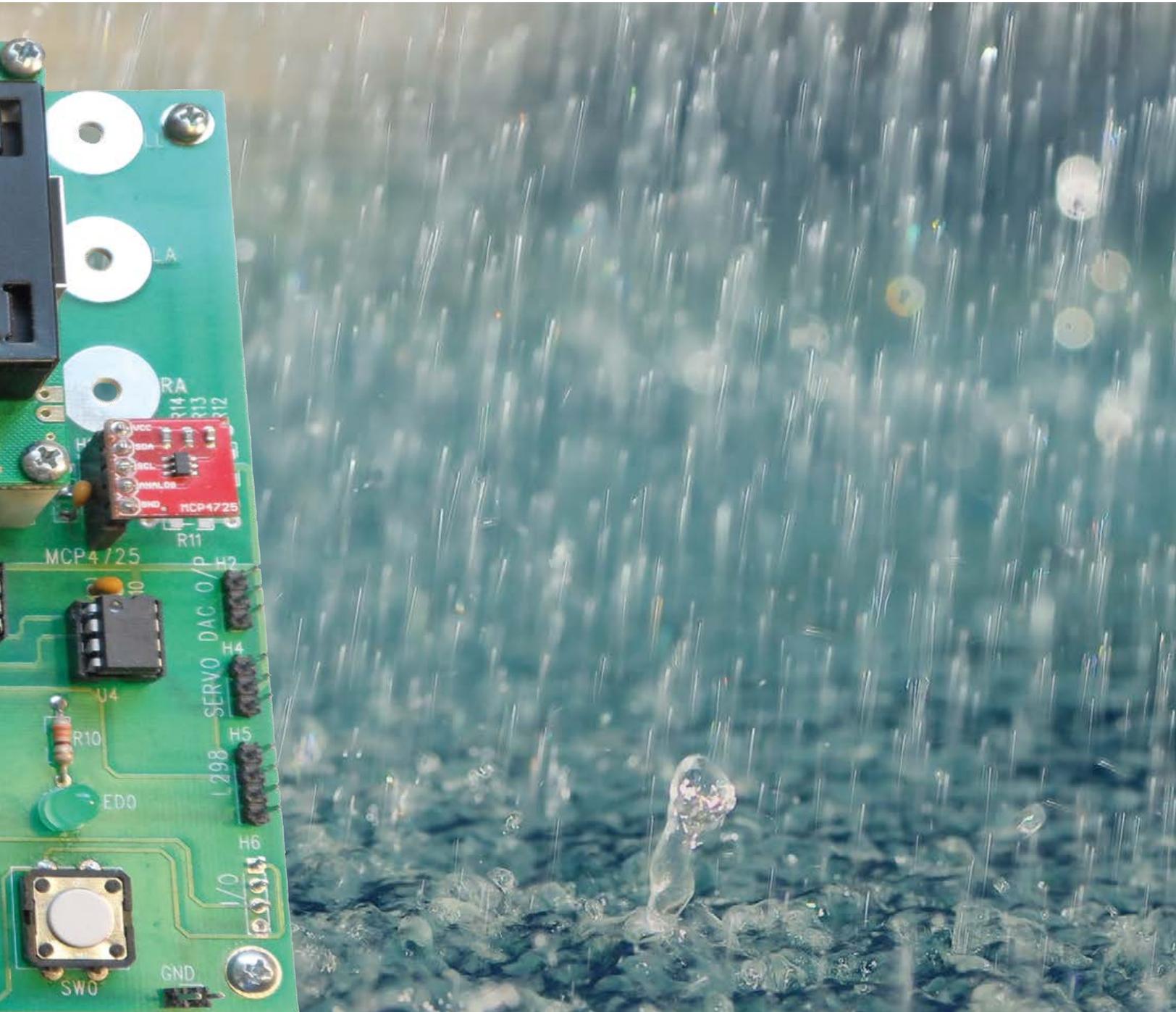
Otto-Röhm-Str. 69  
 64293 Darmstadt  
 Germany  
**PEAK** System  
 Tel.: +49 6151 8173-20  
 Fax: +49 6151 8173-29  
 info@peak-system.com

Alle Preise verstehen sich zzgl. MwSt., Porto und Verpackung. Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten.



Von **Gordon D. Dick** (Kanada)

**Nachdem ein variabler Kondensator und eine Kippwaage als Sensor kläglich gescheitert sind, habe ich nach einer anderen Methode gesucht, die Niederschlagsmenge zu messen. Vor gut einem Jahr brachte Freescale den Drucksensor MPXV5004D zur Messung des Füllstands in Haushaltswaschmaschinen auf den Markt. Warum den Sensor nicht als Teil eines Regenmessers verwenden?**



# Niederschlagsmesser

## Mit MPXV5004D und Arduino Nait

Der Druck  $P$  am Boden eines Gefäßes ist gegeben durch

$$P = \rho g h \quad [\text{Pa}]$$

mit

$\rho$  = Dichte in  $\text{kg/m}^3$

$g$  = Erdbeschleunigung =  $9.8 \text{ m/s}^2$

$h$  = Höhe der Flüssigkeit im Gefäß in m

Das Datenblatt für den MPXV5004D von Freescale [1] gibt an, dass ein hydrostatischer Druck von  $0 \dots 3,92 \text{ kPa}$  (früher  $0 \dots 400 \text{ mm}$  Wassersäule) eine Spannung von  $1,0 \dots 4,9 \text{ V}$  erzeugt. Dies führt zur Übertragungsfunktion in **Bild 1**. Um diesen Wandler in einem Niederschlagsmesser zu verwenden, muss eine mathematische Übertragungsfunktion berechnet werden. Da der Wandler linear arbeitet, kann man seine Übertragungsfunktion als linear steigende Linie mit einem Offset darstellen:

$$V_o = G L_i + V_{\text{offset}}$$

mit

$G$  = Wandlerverstärkung in  $\text{V/mm}$

$L_i$  = Füllhöhe in mm

$V_{\text{offset}} = 1 \text{ V}$

Die Wandlerverstärkung ist die Steigung der Übertragungsfunktion:

$$\text{Steigung} = \frac{\Delta V_o}{\Delta L_i} = \frac{4,9 - 1,0}{400 - 0} = 9,75 \frac{\text{mV}}{\text{mm}}$$

So wird die Übertragungsfunktion zu:

$$V_o = (9,75 \times 10^{-3}) \times L_i + 1$$

Für einen gegebenen Flüssigkeitspegel kann die Spannung am Wandler-Ausgang berechnet werden.

### Mechanische Konstruktion

Der Niederschlagsmesser soll aus allgemein erhältlichen mechanischen Teilen wie Abwasserrohren aufgebaut werden. Ich habe natürlich nordamerikanische Rohre und Formteile verwendet, aber in Europa sind ähnliche Armaturen (HT-Rohre DN50) erhältlich, wenn auch mit anderen Maßen. Der Prototyp der Regenfalle ist in **Bild 2** zu sehen. Der Trichter oben ist ein  $3,5''$ -auf- $1,5''$ -Adapter (Anmerkung des Übersetzers: hierzulande verwendet man einen geraden Siphonanschluss). Der Rohrabschnitt unterhalb des Trichters ist etwas länger als  $400 \text{ mm}$ . Darunter befindet sich ein T-Stück (wenn möglich, ein Reinigungsrohr mit dicht schließender Öffnung verwenden), in

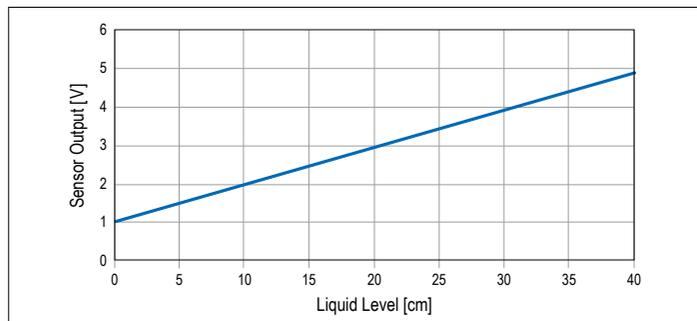


Bild 1. Übertragungsfunktion des MPXV5004x.

dem die kleine Sensorplatine untergebracht wird. Das kurze Rohr unten ist zum Aufstecken auf eine Halterung gedacht, etwa ein stehendes Metallrohr. Nicht einfach im Foto zu erkennen, aber doch vorhanden ist ein Paar Messingbolzen, die verhindern, dass das Kunststoff- zu weit über das Standrohr rutscht.

Das lange Rohr ist das „Druckgefäß“. Es muss unten zuverlässig abgedichtet und mit einem Schlauchanschluss versehen werden. Ich habe mit meiner CNC-Fräse eine Aluplatte ausgeschnitten und in deren Mitte ein Messingröhrchen platziert. Diese Anordnung habe ich mit mehr oder (eher) minder großem Erfolg mit diversen Zement/Kittarten abzudichten versucht und bin schließlich beim guten alten Silikon gelandet. Anmerkung des Übersetzers: Alternativ und hiesigen Verhältnissen entsprechend kann man zwischen dem  $400\text{-mm}$ -Rohr und dem Reinigungsrohr ein Zwischenstück einbauen, eine DN50-Langmuffe. Zur Abdichtung befreit man einen Blindstopfen von seinem Kragen, so dass er tief in die Muffe rutschen kann. In den Blindstopfen bohrt man ein nicht zu großes Loch und befestigt darin mit zwei flachen Muttern eine kleine Schraubtülle für einen Schlauch von  $5 \text{ mm}$  ( $3 \text{ mm}$  Innendurchmesser). Wenn man noch eine Gummischeibe in diese Verschraubung aufnimmt und ein wenig Loctite auf das Gewinde tropft, ist die Angelegenheit auch komplett wasserdicht. Der so bearbeitete Blindstopfen wird genau wie die Innenseite der Muffe mit Alkohol gereinigt und mit einem geeigneten Primer behandelt. Dann klebt man nach einer kurzen Ablüftezeit den Blindstopfen in die Muffe und lässt die Anordnung  $24 \text{ Stunden}$  in Ruhe.

### Sensortest

In der Zwischenzeit bereitet man die Sensorplatine mit Wandler und Anschlussklemme vor und führt einen Funktionstest durch. Man schließt den Sensor an eine  $+5\text{-V}$ -Spannungsquelle an, steckt ein Stück des  $5\text{-mm}$ -Schlauchs auf den Stutzen des Sensors, bläst hinein (keine Sorge, wenn Sie nicht gerade Trompete spielen, dürfte es Ihnen kaum gelingen, den erlaubten Druckbereich zu überschreiten) und überprüft auf einem Digitalmultimeter den Messspannungsausgang. Ist alles okay, befestigt man die Sensorplatine oben in dem Reinigungsrohr. Der Schlauch wird in einem Bogen auf die Tülle gesteckt und das zugentlastete Kabel durch das untere Rohr in die Außenwelt geführt. Der Offset ist im Datenblatt mit einer

Bild 2. Die Komponenten, aus denen der Regenmesser besteht.



Toleranz von  $\pm 0,25$  V spezifiziert, aber es finden sich keine Toleranzwerte für den Messbereich.

Schaltplan und Platine des Prototyps sind in **Bild 3** und **Bild 4** zu sehen. Sie werden den Unterschied bemerken: Es gibt mehr Bauteile auf der Platine als im Schaltplan angegeben. Dies liegt daran, dass der Prototyp mit 12 V statt mit 5 V versorgt wird. Das kleine TO-92-Bauteil ist nur ein 78L05, der die Spannung auf +5 V reduziert. Da darf ein Pufferelko auf der Eingangsseite des Reglers natürlich nicht fehlen.

## Anschluss an den Arduino

Normalerweise wird ein Sensorsignal „konditioniert“, bevor es an den Eingang eines ADCs gelegt wird. Da aber Freescale schon für eine Anpassung des Signals gesorgt hat, kann das Signal am Sensorausgang so bleiben, wie es ist, wenn Sie nichts dagegen haben, den vollständigen Wandlerbereich von 0...1 V zu verlieren (dazu später mehr.)

Um den AD-Wandler in die Übertragungsfunktion einzubeziehen, drehen wir zunächst die obige Formel für den Sensor um, so dass die Flüssigkeitsmenge auf der linken Seite steht.

$$L_i = \frac{V_o - 1}{G}$$

Da  $V_o$  den Wandler-Ausgang bezeichnet, der jetzt am Eingang des ADCs liegt und  $L_i$  der Flüssigkeitspegel ist, der zwar als Eingangsgröße an den Wandler gelegt wird, aber nun der Ausgangswert der Wandlerberechnungen sein soll, ist es sinnvoll, die Schreibweise zu ändern:

$$L_o = \frac{V_i - 1}{G}$$

Das Verhalten des ADCs kann durch die folgende Gleichung (Binärformat am Ausgang vorausgesetzt) beschrieben werden:

$$N = \frac{V_i \times (2^n - 1)}{V_{ref}}$$

mit

$V_i$  = ADC-Eingangsspannung

$n$  = Anzahl der ADC-Bits

$V_{ref}$  = ADC-Referenzspannung

$N$  = ADC-Zählwert

Die Gleichung wird nach  $V_i$  aufgelöst und in die Gleichung für  $L_o$  eingesetzt:

$$L_o = \frac{N \times V_{ref} - (2^n - 1)}{G \times (2^n - 1)}$$

Hier wird ein ADC mit einer Auflösung von 10 bit angenommen. Dann ist  $n = 10$ ,  $2^{10} = 1024$ , wenn jetzt  $V_{ref} = 5,0$  V ist, vereinfacht sich die obige Gleichung zu:

$$L_o = \frac{N \times 5,0 - 1023}{9,974}$$

Damit lässt sich die Niederschlagsmenge aus dem ADC-Wert ableiten. Hier zahlt sich die Programmierung in C aus, weil sie Fließkommaberechnungen in einer Codezeile abzuhandeln in der Lage ist. Nähme man eine solche Berechnung in Assemb-

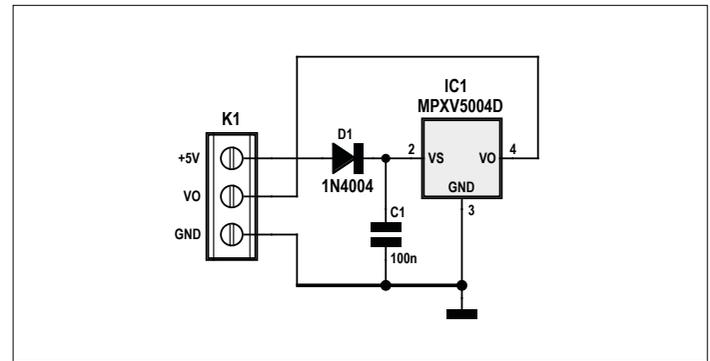


Bild 3. Die Schaltung auf der Wandlerplatine mit Schutzdiode und Entkopplungskondensator.

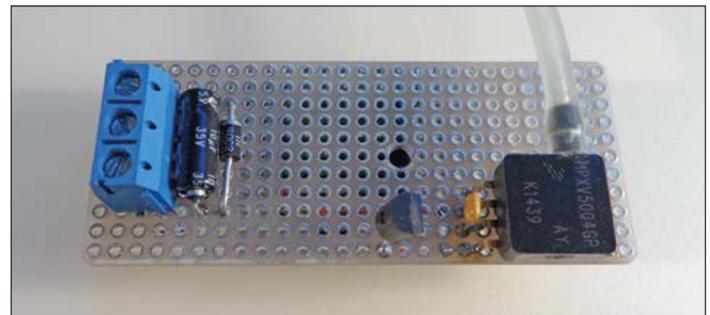


Bild 4. Die Wandlerschaltung auf einem Stück Experimentierplatine.

ler vor, würde das erheblich Zeit kosten.

Die obigen Berechnungen gehen davon aus, dass der Regen direkt in das Rohr fällt. Allerdings ist es gängige Praxis, die Behälteröffnung mit einem Trichter zu vergrößern, um mehr Wassersäule pro Regenguss anzusammeln. Eine solche Anordnung stellt eine Verbesserung der Auflösung des Messgeräts dar.

## Der Arduino berechnet die Regenmenge

Wenn alles, was Sie von dem Niederschlagsmesser erwarten, die Anzeige der Niederschlagsmenge für jeden Regen ist, wird der Code für das Projekt ganz einfach. Damit der Arduino aber optimal arbeiten und möglichst aussagekräftige Daten ausspucken kann, ist noch eine erhebliche Signalverarbeitung erforderlich, die separat im **Kasten** beschrieben wird.

Wenn Sie ohne zusätzliche Signalkonditionierung zwischen Sensor und dem analogen Eingang des Controllers auskommen wollen, brauchen Sie nur die inverse Übertragungsfunktion bewerten und das Ergebnis anzeigen. Wegen des Trichters müssen Sie allerdings die inverse Übertragungsfunktion modifizieren, um die erhöhte Sammelfläche zu berücksichtigen. Dies ist ganz einfach, Sie brauchen bloß den Rohrquerschnitt (Innendurchmesser = 1,602“) und den Trichterdurchmesser = 3,508“ ins Verhältnis setzen:

$$\frac{(3,508)^2}{(1,602)^2} = 4,796$$

Durch den Trichter sammelt das Gefäß 4,796 Mal soviel Wasser wie ohne Trichter. Sollte das Rohr bis 40 cm mit Regenwasser gefüllt sein, entspräche dies einer Regenmenge von 8,35 cm.

Setzt man das Flächenverhältnis in die inverse Übertragungsfunktion ein, ergibt sich:

$$\text{Regen (mm)} = L_o = \frac{N \times 5,0 - 1023}{4,796 \times 9,974} = \frac{N \times 5,0 - 1023}{47,776}$$

Da unser Niederschlagsmesser über einen Controller verfügt, gibt es noch eine Anzahl von Dingen, die man damit zusätzlich veranstalten könnte. Zum Beispiel wäre eine Summierung der gemessenen Werte interessant. Ein Tastendruck vor der Entleerung des Gefäßes würde dann die Wassersäule zu der bisherigen Summe hinzufügen. Wenn man den Regen aufsummiert, muss natürlich auch eine Löschkfunktion vorhanden sein,

vielleicht durch einen zweiten oder einen langen Tastendruck. Sollten einige der Regendaten im EEPROM gespeichert werden? Es gibt viel Platz, kreativ zu werden.

Das in diesem Projekt verwendete Freeduino-Break-out-Board ist „in action“ im **Titelbild** zu sehen. Diese Boards werden normalerweise vom Northern Alberta Institute of Technology im Biomedical Electronics Programm verwendet, hier kommt ein nicht genutztes Exemplar zum Einsatz. Mit den Tastern und einem 4-zeiligen LCD macht es Experimente besonders komfortabel. Das Controllerboard selbst ist eine Arduino-Variante des kanadischen Herstellers Solarbotics aus Calgary in Kanada namens Freeduino.

## Signalverarbeitung

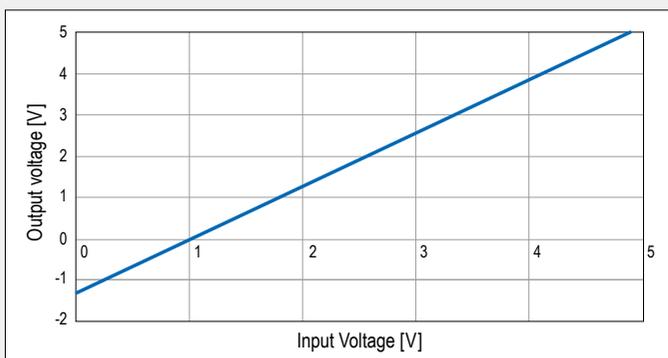


Bild 5. Die Übertragungsfunktion der Signalaufbereitung.

Als Übung wollen wir versuchen, das Signal für einen Spannungsbereich von 0...5,0 V auszuweiten, statt sich mit dem Ausgangsspannungsbereich des Sensors von 1,0...4,9 V zufrieden zu geben. Die Aufgabe der Schaltung zur Signalaufbereitung ist in **Bild 5** dargestellt. Die Eingangsspannung ist das, was aus dem Sensor kommt, die Ausgangsspannung das, was die Schaltung an den Eingang des AD-Wandlers legen muss. In eine Formel überführt sieht das so aus:

$$V_o = G \times V_i + V_{\text{offset}}$$

mit  $G$  = Spannungsverstärkung der Schaltung

Diese Spannungsverstärkung ist die Steigung der Übertragungsfunktion:

$$\text{Steigung} = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \frac{5,0 - 0}{4,9 - 1} = \frac{5}{3,9}$$

Und jetzt gilt:

$$V_o = \frac{5}{3,9} \times V_i + V_{\text{offset}}$$

wenn  $V_i = 1,0$ ,  $V_o = 0$ , kann der Offset gefunden werden durch:

$$0 = \frac{5}{3,9} \times 1,0 + V_{\text{offset}}$$

So wird die Übertragungsfunktion zu:

$$V_o = \frac{5}{3,9} \times V_i - \frac{5}{3,9}$$

Es gibt viele Schaltungen zur Signalaufbereitung, ich habe eine ausgewählt (**Bild 6**), die sich durch ihre Einfachheit auszeichnet, aber nichtsdestotrotz interessant ist. Sie kann an einer einfachen Spannungsversorgung betrieben werden. Eingang  $V_1$  ist der Sensorausgang, an  $V_2$  wird ein Gleichspannungssignal angelegt, um den gewünschten Offset der Signalaufbereitung in der Übertragungsfunktion zu erzeugen.

Beginnen wir bei  $V_2 = 1$  V. Durch Überlagerung mit  $V_1 = 1$  V fällt  $R_2$  aufgrund der virtuellen Masse aus der Schaltung. Mit  $R_1 = 39$  k $\Omega$  und  $R_3 = 50$  k $\Omega$  erzeugt die Schaltung, wie in **Bild 7** gezeigt, eine Offsetspannung von:

$$-(50/39) \times 1 = -5/3,9 \text{ [V]}$$

Zeichnet man nun die Schaltung für  $V_2 = 0$  V, erhält man die Anordnung in **Bild 8**. Die Berechnung der Verstärkung des Wandlersignals zu dem gewünschten Wert führt zu einem negativen Widerstandswert von  $R_2$ . Keine glückliche Situation, wenn man eigentlich „echte“ Widerstände einsetzen möchte. Um zu verstehen, warum man einen negativen Widerstandswert erhält, hilft eine allgemeinere Analyse der Schaltung in Bild 6. Durch Helmholtz-Überlagerung und unter Verwendung gebräuchlicher Widerstandswerte (und einiger langweiliger Algebra, die hier nicht wiederholt werden soll), erhalten Sie:

$$V_o = \frac{(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3) V_1}{R_2 R_3} - \frac{R_1}{R_3} V_2$$

Wenn  $R_1$  und  $R_3$  wie zuvor zur Erzeugung des Offsets festgelegt werden, gilt für das Sensorsignal:

$$V_o = \frac{(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3) V_1}{R_2 R_3}$$

oder

$$\frac{V_o}{V_1} = A_v = \frac{(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)}{R_2 R_3}$$

Obwohl das Display vier Zeilen hat, verwendet die endgültige Softwareversion nur zwei davon (die dritte wurde nur in der Entwicklungsphase genutzt), damit man auch kleinere Displays einsetzen kann.

Um die aktuelle Niederschlagsmenge der Monatssumme hinzuzufügen, genügt ein Druck auf Taster SW2 unter der roten LED. Um die Summe zu löschen, drückt man auf SW0 unter der grünen LED. Es gibt keine Taste, um die aktuellen Niederschlagswerte zu löschen, weil dies durch das Ausschütten des Rohres geschieht.

Bild 10. Eine Befestigungsklemme für das Regenrohr.

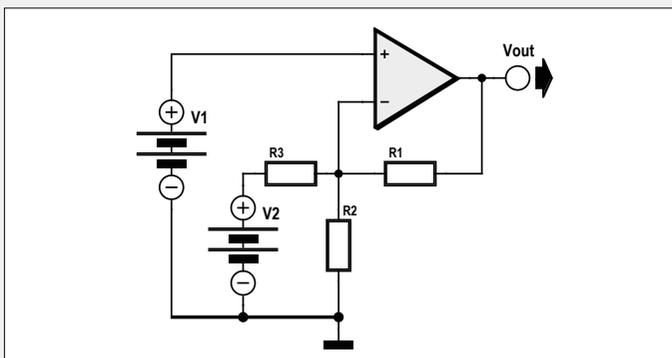


Bild 6. Die Signalaufbereitung ohne Komponentenwerte.

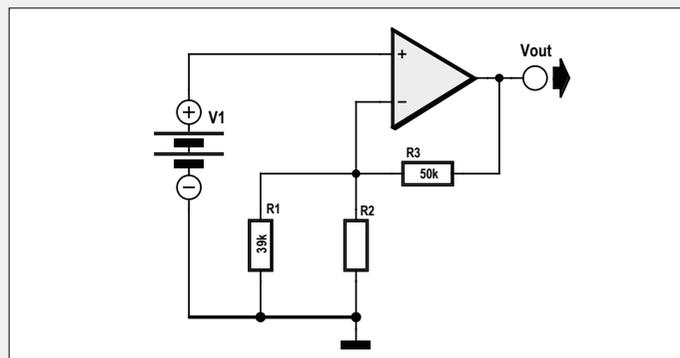


Bild 8. Die Signalaufbereitung, an die nur  $V_1$  angeschlossen ist.

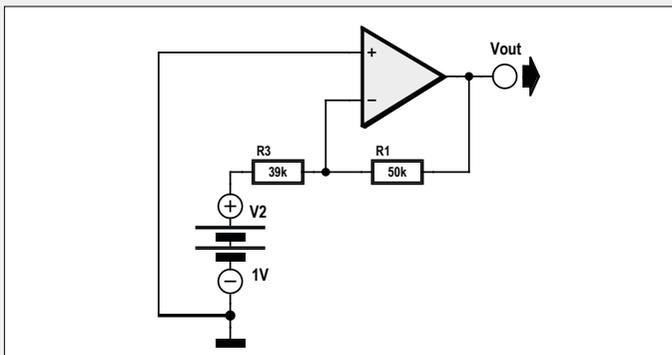


Bild 7. Die Signalaufbereitung, an die nur  $V_2$  angeschlossen ist.

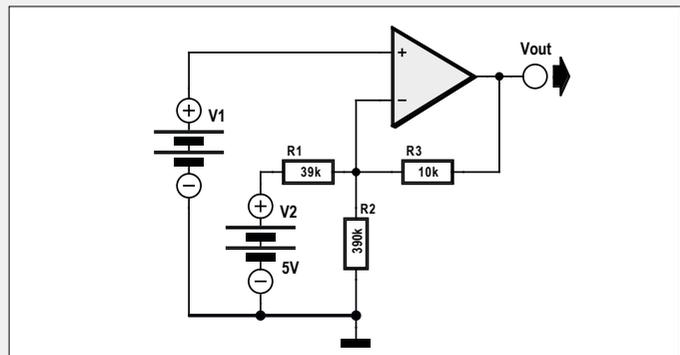


Bild 9. Die endgültige Version der Signalaufbereitung mit Bauteilwerten.

Da  $R_1$ ,  $R_3$  und  $A_v$  bereits bekannt sind, kann die obige Gleichung für  $R_2$  gelöst werden. Noch etwas Algebra:

$$R_2 = \frac{R_1 R_3}{R_3 A_v - (R_1 + R_3)}$$

Hieraus wird deutlich, dass  $R_2$  negativ wird, wenn man zulässt, dass der Nenner der obigen Gleichung negativ werden kann. Das kann man verhindern, indem:

$$R_3 A_v > (R_1 + R_3)$$

Bei einem zweiten Versuch behalten wir diese Bedingung im Auge. Wenn nach wie vor  $R_1$  und  $R_3$  zuerst gewählt werden, dieses Mal aber  $V_2 = 5,0 \text{ V}$  ist (verwenden Sie hier einen Referenz-Chip), muss  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  sein, um die richtige Offset-Spannung von  $-5/39 \text{ V}$  zu produzieren. Berechnen Sie nun  $R_2$  und freuen Sie sich, dass es nun ein positiver Widerstand ist:

$$39 \text{ k} \left( \frac{5}{3,9} \right) > (10 \text{ k} + 39 \text{ k})$$

Das endgültige Design der Signalaufbereitung wird in **Bild 9** gezeigt.



Bild 11. Der fertige Regenmesser wartet auf Regen.

### Platzierung und Montage

Ein geeigneter Platz für den Niederschlagsmesser muss einerseits ungeschützt sein, um den Regen nicht zu hindern, in den Trichter zu fallen, andererseits nicht zu weit weg vom Haus sein, damit Sie nicht Dutzende Meter Kabel im Garten vergraben müssen. Ich habe für meinen Regenmesser den Balkon als idealen Standort ausgemacht und ihn am Balkongitter befestigt. Ich habe für meinen Regenmesser ein Metallrohr gefunden, das genau in das Kunststoffrohr passt. Dieses Metallrohr habe ich mit Rohrschellen (**Bild 10**) aus recyceltem Metall am Balkongitter befestigt. Auch hierfür kam meine CNC-Fräse zum Einsatz. Sicher sind viele andere Variationen dieses Themas möglich. Sie werden gleichwertigen Ersatz, Schraubrohrschellen oder Rundstahlbügel, im Baumarkt finden. Die Anordnung an meinem Haus können Sie in **Bild 11** sehen.

### Unerwartete Probleme

Meine anfängliche Erwartung war, dass das Wasser in dem kleinen Schlauch vom Boden des Regenbehälters zum Drucksensor

durch die Luft im Schlauch quasi wie von einem unsichtbaren Stopfen gestopft würde und nicht bis zum Sensor vordringen würde. Dies war nur bedingt richtig. Es stellte sich heraus, was ich nicht erwartet hatte, dass das Wasser einfach „an der Luft vorbei“ durch den Schlauch bis zur Höhe des Sensors floss. Und ist erst einmal Wasser im Schlauch, kommt es wegen der Oberflächenreibung an den Wänden des dünnen Schlauchs auch nur unwillig wieder heraus. Einige der Tests verliefen so:

1. Behälter ist trocken; Sensorsignal = 1,0 V
2. Wasser fließt in den Behälter;  
Sensorsignal steigt entsprechend
3. Behälter leer; Sensorsignal = 1,23 V
4. Wasser fließt in den Behälter;  
Sensorsignal steigt entsprechend
5. Behälter leer; Sensorsignal = 1,23 V
6. und so weiter

Das ursprüngliche „Trockenoffset“-Signal von 1,0 V wird nicht mehr erreicht, bis der Schlauch abgetrennt und ausgeblasen wird. Und wenn ein paar Minuten vergangen sind, haben sich Wassertröpfchen von den Wänden des Kunststoffrohrs wieder im Schlauch angesammelt und wieder für eine leicht höhere Offsetspannung gesorgt.

Es stellte sich heraus, dass sich der Stutzen des Drucksensors 23,8 mm unter dem Boden des Gefäßes befand. Berechnet man das Sensor-Ausgangssignal für eine Wassersäule dieser Höhe, erhält man tatsächlich eine Ausgangsspannung von 1,23 V. Dies erklärt das unerwartete Sensorsignal für einen anscheinend leeren Behälter. Leider ist dieser Versatz von 23,8 mm zu groß, um ihn (sinnvoll) in der Software auszugleichen. Dazu kommt, dass die maximal messbare Regenmenge sich auf etwa 60 mm verringert, bevor der Sensor seinen maximalen Druck von 400 mm Wassersäule erreicht.

Ich denke, dass eine (grundlegende?) Konstruktionsänderung den Niederschlagsmesser verbessern könnte; jegliche Vorschläge begrüße ich!

Ich habe gehofft, irgendwelche Anwendungshinweise von Freescale oder Beispiele im Netz zu finden, aber vergeblich. Immerhin habe ich einen sehr nützlichen Thread entdeckt [2] und darin erfahren, dass der Sensor „trockene“ Luft erwartet. Feuchte Luft würde zum vorzeitigen Ausfall des Sensors führen. Schön zu wissen! Die vorgeschlagene Lösung war, Silikon in den Schlauch zwischen Sensor und Behälter zu füllen. Alles Silikon, was ich hatte, erwies sich aber als zu viskos und verstopfte den Schlauch auch für sämtliche Druckänderungen, wahrscheinlich wegen des sehr geringen Schlauchdurchmessers. Meine Lösung war ein Tropfen Motoröl unten in dem Bogen des Schlauchs, der das Wasser hinderte, zum Sensor vorzudringen. ◀

(150471)

### Weblinks

[1] MPXV5004-Datenblatt: [www.datasheetlib.com/datasheet/467524/mpxv5004\\_freescale-semiconductor.html](http://www.datasheetlib.com/datasheet/467524/mpxv5004_freescale-semiconductor.html)

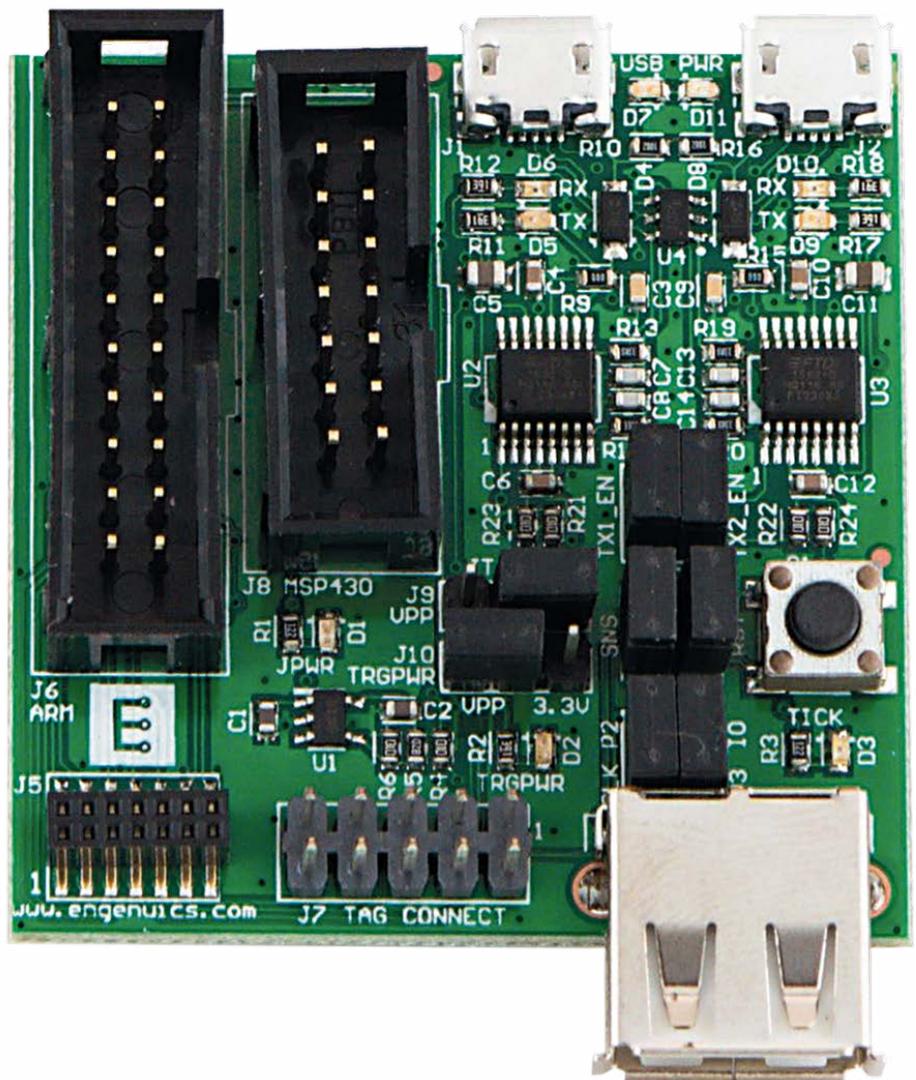
[2] Application-Notes: <https://community.freescale.com/thread/357642>

# Universeller JTAG- Programmer- & Debug-Adapter

## Für unterschiedliche Mikrocontroller

Von **Jason Long**,  
Engenuics Technologies (Kanada)

Dieses kleine Modul für Controller der ARM/MSP430-Familien ist ein Multi-Mode-Programmer- und Debug-Adapter mit vielen Funktionen für Embedded-Systeme. In Verbindung mit einem Standard-J-Link- oder MSP-FET-Programmer bietet das Gerät drei Optionen der Verbindung mit dem Zielcontroller; und das ohne die Notwendigkeit für teure und/oder große Header auf dem Zielsystem. Der Programmer kann dabei alleine oder in Verbindung mit Dual-USB/Seriell-Konvertern eingesetzt werden.



Man denkt heute oft gar nicht mehr nach, wie man die Verbindung eines PCs mit einem Mikrocontroller (MCU) auf einem Entwicklungs-Board eigentlich vornehmen soll, da die meisten schon mit einem eingebauten Programmer/Debugger ausgestattet sind. Doch wenn man sich mit einem neuen Chip beschäftigt, ist man in der Regel auf einen externen Programmer angewiesen. ARM und MSP430 sind zwei Controller-Familien, die für JTAG-basierte Programmer und Debugger ausgelegt sind (Bild 1 zeigt zwei Beispiele). Programmer enden in großen Steckverbindern. Schaltung und Anschlussbelegung sieht man in Bild 2. Beide Programmer liefern neben den Signalen zur

Programmierung auch eine Spannung (typisch 5 V), mit der man das Ziel-Board versorgen kann. ARM-Cortex-MCUs kommen hier mit zwei Leitungen aus (SWD), was viele Pins spart.

Die Verbindungen sind aber riesig — etwas, was man nicht unbedingt auf einem Endprodukt haben will. Außerdem ist man überrascht, was man alles berücksichtigen muss, wenn man so eine Verbindung implementieren möchte. Dieser Artikel beleuchtet einige wichtige Entscheidungen, die man bei der Auswahl einer Verbindung treffen muss. Außerdem wird mit dem JTAG-Programmer/Debug-Adapter (JTGAD) ein geniales Tool vorgestellt.

### Größe und Kosten

Die Wahl der Steckverbindung hängt sicherlich entscheidend davon ab, wieviel Platz man hat oder zur Verfügung stellen möchte. Es gibt tolle kleine Steckverbinder mit sehr geringen Pin-Abständen, doch auch bei großen Mengen kosten diese richtig Geld. Außerdem sind sie oft nicht leicht oder nur von einer Quelle erhältlich, was bei der Bauteilebeschaffung zu Problemen führen kann. Die Kosten spielen bei einer Massenproduktion immer eine Rolle. Wenn man schon viel Aufwand für die Suche nach einer passenden Steckverbindung betrieben hat, macht es auch Sinn, wenn man diesen in anderen Produkten einsetzt.



Bild 1. J-Link von Segger für ARM-MCUs [1] und MSP-FET [2] für die MSP430-Chips (Bilder: Segger/Texas Instruments).

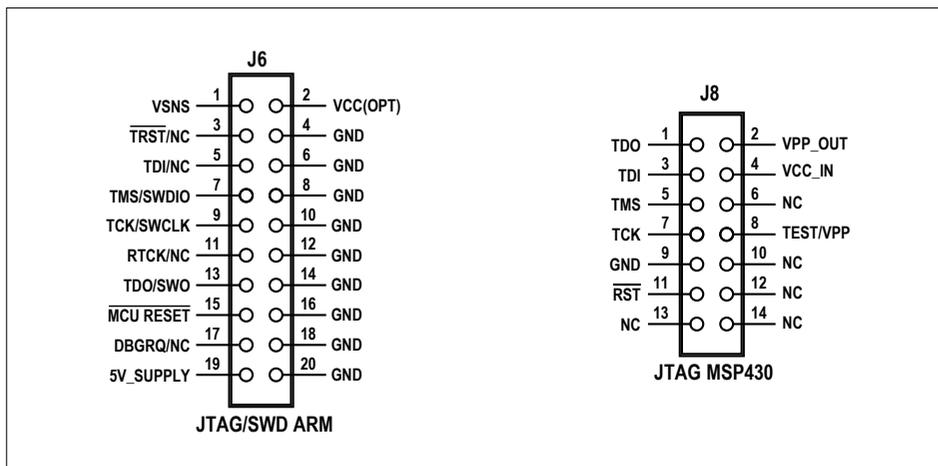


Bild 2. Pin-Belegung der Steckverbinder für den Anschluss von ARM- und MSP-MCUs.

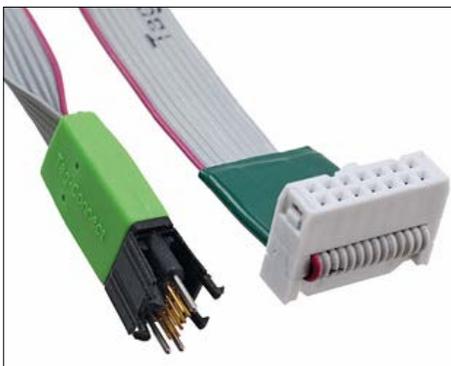


Bild 3. Mit Tag-Connect TC2050-IDC können kostenlose Pads auf der Platine zur Programmierung verwendet werden (Bild: Tag-Connect LLC).

Eine Alternative wäre, einfach nur Pads auf dem Board vorzusehen und diese als Kontaktstellen zu verwenden. Doch Vorsicht: Es ist nahezu unmöglich, die Pins eines normalen, festen Steckers so aufzusetzen, dass der Kontakt nicht während des Programmierens unterbrochen wird. Man benötigt hierzu federnde Kontakte bzw. sogenannte Pogo-Pins (Federkontaktstifte). Wenn die Programmierung nur wenige Sekunden dauert, ist der Kontakt mit gefederten Stiften kein Problem. Doch das Anpressen der Kontakte während des Debuggens ist illusorisch. Letztlich wird man daher mit Gummibändern oder Tesa etc. arbeiten oder „richtige“ Lösungen

vorziehen. Schlussfolgerung: Wenn man schon Kontakt-Pads verwenden möchte, sollte man mit gefederten Kontakten arbeiten. Je nachdem genügt ein manuell gehaltener Kontakt oder aber man setzt auf Platinenstecker bzw. mechanisch fixierte gefederte Kontaktfelder.

### Stromversorgung

Die Versorgung des Ziel-Boards aus dem Programmer ist sehr praktisch. Doch nicht alle Programmer können das oder sie benötigen die zur Verfügung stehende Leistung selbst. Viele IoT-Devices wie Sensoren oder Beacons werden mit einer 3-V-Knopfzelle betrieben oder via USB versorgt, selbst wenn sie keine Datenverbindung herstellen können. Das bedeutet, dass zwar ein USB-Anschluss verfügbar ist, aber eben kein vollständiger. Wenn man die Spannungen 5 V, 3,3 V oder „keine“ zur Verfügung hat, ist das sehr nützlich. Noch besser ist es, wenn man diese Spannungen passend zum anzuschließenden System ändern kann.

### Andere Signale

Fast jedes Embedded-System hat zumindest einen einfachen UART-basierten Debug-Port. Während der Software-Entwicklung ist so etwas sehr wichtig. Oft wird dieser Anschluss in der Produktion dazu verwendet, Gerätekonfigurationen zu laden oder Ergebnisse von Selbst-Tests auszugeben. Die Optimierung und Vereinfachung des Produktionsprozesses ist extrem wichtig. Jeder Extraschritt kostet Zeit, Geld und bringt Risiken. Der Zugriff auf die Reset-Leitung der MCU ist hilfreich, wenn es keinen anderen Zugang gibt, gerade beim Wunsch, möglichst wenig andere I/Os herauszuführen.

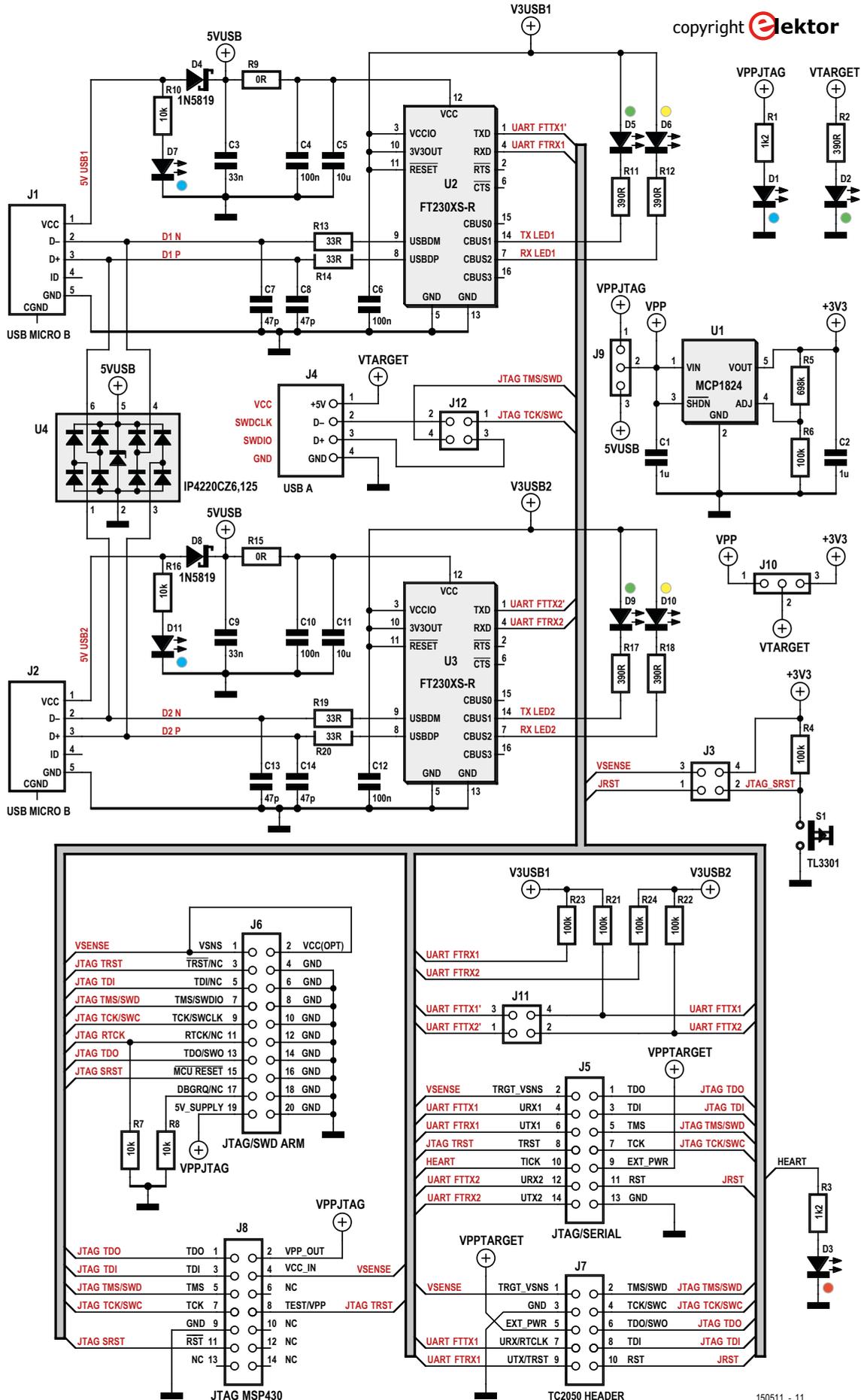
### Die freie Wahl

JTAG unterstützt drei Anschlussarten, die sich in den letzten Jahren der Produktentwicklung beim Autor bewährt haben:

Buchse RM 0,05" mit 2x7 Pins (J5). Dieses ziemlich kleine SMD ist gut und preiswert erhältlich. Die Buchse hat genügend Signalleitungen für jedes Szenario, das mir bisher untergekommen ist. Das Ziel-Board kann darüber mit Strom versorgt

Bild 4. Schaltung des JTAG-Programmer/Debug-Adapters.

copyright 



150511 - 11

Tabelle 1. JTAG Jumper

Jumper	Position 1	Position 2	Off-Funktion
VPP (J9)	Position „JTG“: Spannung VPP/JTAG von J6 oder J8 zu VPP	Position „USB“: höchste USB-Spannung von J1 (oder J2) nach VPP	Keine Spannung nach VPP
TRGPWR (J10)	Position „VPP“: VPP zum Ziel	Position „3V3“: 3,3 V zum Ziel	Keine Spannung zum Ziel
SNS (J3)	3,3 V zu JTAG VSNS	N/A	Keine 3,3 V zu VSNS (Ziel-Vcc zu VSNS)
RST (J3)	Reset-Leitung des Ziels mit Pull-up an Reset-Taster	N/A	Reset-Leitung des Ziels floatend
TX1_EN (J11)	USB1: U2-Tx mit Pull-up zum Ziel	N/A	UTX1 des Ziels floatend
TX2_EN (J11)	USB2: U3-Tx mit Pull-up zum Ziel	N/A	UTX2 des Ziels floatend
CLK (J12)	CLK-P2: SWDCLK an Pin 2 des zweckentfremdeten USB (J4)	CLK-P3: SWDCLK an Pin 3 des zweckentfremdeten USB (J4)	Bei Verwendung von J4 nicht möglich
IO (J12)	IO-P3: SWDIO an Pin 3 des zweckentfremdeten USB (J4)	IO-P2: SWDIO an Pin 2 des zweckentfremdeten USB (J4)	Bei Verwendung von J4 nicht möglich

werden. Mit den fünf Extra-Leitungen können zwei UART-Paare sowie eine Leitung mit einem System-Tick realisiert werden.

Tag Connect TC2050-IDC (J7). Falls Sie

bisher noch nichts mit Tag-Connect zu tun hatten, sollten Sie sich einmal [3] zu Gemüte führen. Es handelt sich um so etwas wie einen „Nagelstecker“ für die Verwendung mit kostensparenden Kon-

takt-Pads, der sowohl für die Entwicklung wie auch die Produktion robust genug ist (Bild 3). Das Kabel rastet in die entsprechende Stelle der Platine ein und spart so einen Steckverbinder bei den Produkten ein. Die zehnpolige Version reicht für komplettes JTAG plus einem UART-Paar. Zweckentfremdeter USB (J4). Das Umfunktionieren normaler USB-Stecker ist für den Endverbraucher irritierend und wird daher nicht empfohlen. Für Entwickler aber ist das eine Super-Sache. Da eh schon gerne USB-micro-B-Buchsen für die Stromversorgung „missbraucht“ werden, kann man der Versuchung kaum widerstehen, die übrigen Leitungen D+ und D- bei ARM-MCUs für zweiadriges SWD-Programming zu nutzen.

Tabelle 2. JTAG USB/Seriell-Verbindungen

Buchse	Board-Name	Tx-Jumper	Ziel-Board
J1	USB1	TX1_EN	J5 Pin 4 (Tx-Board zu Rx-Target) J5 Pin 6 (Rx-Board von Tx-Target) J7 Pin 7 (Tx-Board zu Rx-Target) J7 Pin 9 (Rx-Board von Tx-Target)
J2	USB2	TX2_EN	J5 Pin 12 (Tx-Board zu Rx-Target) J5 Pin 14 (Rx-Board von Tx-Target)

Tabelle 3. JTAG LEDs

Bauteilenummer	Board-Bezeichnung	Farbe	Bedeutung
D1	JPWR	BLUE	JTAG power
D2	TRGPWR	GREEN	TARGET power
D3	TICK	RED	Tick / Heartbeat
D5	TX	GREEN	USB1 TX
D6	RX	YELLOW	USB1 RX
D7	USB PWR	BLUE	USB1 power
D9	TX	GREEN	USB2 TX
D10	RX	YELLOW	USB2 RX
D11	USB PWR	BLUE	USB2 power

### Schaltung

Bild 4 zeigt den Schaltplan von JTAG. Er besteht hauptsächlich aus Steckverbindern, einem Spannungsregler und etlichen Stiftleisten zur Auswahl der gewünschten Optionen. Alle Jumperstellungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Das Board benötigt 5 V vom JTAG- oder USB-Anschluss. Ein Low-Drop-Regler (U1) macht daraus 3,3 V. Jumper J9 wählt die Quelle für U1 aus, und J10 entscheidet, ob das Ziel mit 5 V, 3,3 V oder gar nicht (ohne Jumper) versorgt wird. Ist J10 nicht gesteckt, kann man auch J9 abziehen. Beim zweckentfremdeten USB-Anschluss J4 sind zwei Datenleitungen verfügbar.

Tatsächlich ist die Verbindung typischerweise ein Kurzschluss, da ein Programmer zunächst die Spannung des Ziels erfassen muss, um es zu programmieren. JTAG kann dank des SNS-Jumpers J3 damit umgehen. Hierdurch wird die 3,3-V-Versorgung zurück zum Programmer geführt, um das Signal zu emulieren. J12 erlaubt die zum Ziel passende Verbindung von SWD-Data und SWD-Takt mit D+ oder D-. J5 und J7 erlauben die einfache Verbindung der Reset-Leitung des Ziels mit Taster S1. Die RST-Seite von J3 ermöglicht die Verbindung mit S1 und seinem Pullup. J5 hat noch eine Leitung, die typischerweise als System-Tick genutzt wird. Das Ziel kann diese Leitung später aber auch als beliebigen Ausgang einsetzen.

Es sind mit U2 und U3 zwei Seriell/USB-Konverter vorhanden. Man kann das Board also direkt an einen PC anschließen ohne ein externes USB/Seriell-Kabel zu benötigen. Beide UART-Paare stehen an J5 und das von U2 auch an J7 zur Verfügung. Die Sendeleitungen von U2 und U3 können via J11 abgetrennt werden. Mehr Informationen gibt es in Tabelle 2 und im JTAGAD-Datenblatt, das auf der Elektor-Webseite zu diesem Artikel [4] zur Verfügung steht.

Die wichtigsten Zustände von JTAGAD können über LEDs abgelesen werden. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über diese LEDs. Die blauen LEDs D1, D7 und D11 zeigen an, ob die 5-V-Quellen aktiv sind. Die grüne LED D2 leuchtet, wenn das Ziel versorgt wird. Von den beiden UARTs werden je eine gelbe und grüne LED zur Anzeige des Datenverkehrs angesteuert. Die rote LED D3 steht für den System-Tick zur Verfügung.

### Platine

Die doppelseitige Platine von Bild 5 bietet auf nur 44 x 46 mm genug Platz für alle Bauteile. Die meisten davon sind SMDs und benötigen daher etwas Lötfähigkeit. Aus diesem Grund ist das Board auch fertig bestückt und getestet im Elektor-Store erhältlich [5]. Sie können es also direkt einsetzen! Wie immer steht das Platinen-Layout kostenlos unter [4] zur Verfügung. Mit entsprechender Erfahrung können Sie sich aber auch eine eigene Platine designen.

### Fazit

Die freie Wahl der Anschlüsse und die vielen Optionen dieser Adapterplatine bieten dem Entwickler viele Optionen für

## Stückliste

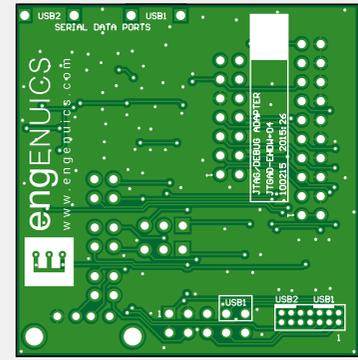
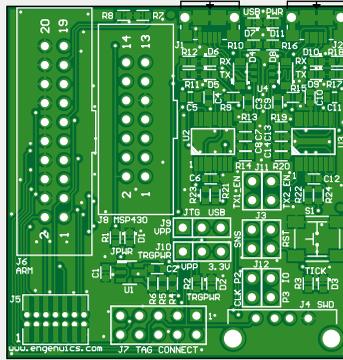


Bild 5. Bestückungsplan der JTAGAD-Platine. Das Board gibt es auch fertig bestückt im Elektor-Store.

### Widerstände:

(alle SMD 0603, 1 %, 0,1 W)  
 R1,R3 = 1k2  
 R2,R11,R12,R17,R18 = 390 Ω  
 R4,R6,R21,R22,R23,R24 = 100 k  
 R5 = 698 k  
 R7,R8,R10,R16 = 10 k  
 R13,R14,R19,R20 = 33 Ω  
 R9,R15 = 0 Ω

### Kondensatoren:

(wenn nicht anders angegeben:  
 X5R, SMD 0603)  
 C1,C2 = 1 μ / 16 V  
 C3,C9 = 33 n / 25 V, X7R  
 C4,C6,C10,C12 = 100 n / 25 V  
 C5,C11 = 10 μ / 10 V, SMD 0805  
 C7,C8,C13,C14 = 47 p / 50 V, COG

### Halbleiter:

D1,D7,D11 = LED, blau, SMD 0603  
 D2,D5,D9 = LED, grün, SMD 0603  
 D3 = LED, rot, SMD 0603  
 D4,D8 = 1N5819HW-7-F, SOD-123

D6,D10 = LED, gelb, SMD 0603  
 U1 = MCP1824T-ADJE/OT, SOT-23 (Microchip)  
 U2,U3 = FT230XS-R, SSOP-16  
 U4 = IP4220CZ6,125, TSOP-6

### Außerdem:

J1,J2 = Micro-USB 2.0 Typ AB R/A, Platinenmontage, SMD  
 J3,J11,J12 = 4-pol. Stiftleiste 2x2, RM 0,1"  
 J4 = USB 2.0 Typ A R/A, Platinenmontage  
 J5 = 14-pol. Buchse 7x2, SMD, RM 0,05"  
 J6 = 20-pol. Wannenstecker 10x2, RM 0,1"  
 J7 = 10-pol. Stiftleiste 5x2, RM 0,1"  
 J8 = 14-pol. Stiftleiste 7x2, RM 0,1"  
 J9,J10 = 3-pol. Stiftleiste, RM 0,1"  
 8 Jumper, RM 0,1"  
 S1 = 1-pol. Taster, Schließer, 6 mm, SMD  
 Fertig bestückte Platine #150511-91 via Elektor-Shop



seine Arbeit. Wir freuen uns daher, so ein praktisches Tool zur Verfügung stellen zu können.

(150511)

### Weblinks

- [1] [www.segger.com/jlink-debug-probes.html](http://www.segger.com/jlink-debug-probes.html)
- [2] [www.ti.com/tool/MSP-FET](http://www.ti.com/tool/MSP-FET)
- [3] [www.tag-connect.com](http://www.tag-connect.com)
- [4] [www.elektormagazine.de/150511](http://www.elektormagazine.de/150511)
- [5] [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

# Platino, die Rückkehr Bitte erfindet das Rad nicht neu!

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

Damals, im Oktober 2011, präsentierten wir Platino, ein Projekt mit einer Platine in der Hauptrolle. Platino sollte es leichter machen, einen Mikrocontroller und Display, Knöpfe und Taster zu einem Projekt zusammenzufügen. Fast fünf Jahre später ist das Platino-Konzept immer noch aktuell, so dass wir uns entschlossen, die Platine gründlich zu überarbeiten.

Ein Mikrocontroller, ein LCD, ein paar Taster und ein analoges Frontend, das sind die Zutaten der meisten Mikrocontroller-Projekte. Das analoge Frontend ist in jedem Projekt anders, aber der Rest (sieht man vom Controllertyp ab) ist mehr oder weniger gleich. Dennoch neigt jeder Entwickler dazu, den Code für das User-Interface von Grund auf neu zu schreiben. Wir fanden, dies ist eine sinnlose Verschwendung von Zeit und Mühe! Deshalb haben wir 2011 das Konzept des Platino entwickelt, das die meisten realen Controllerprojekte abdecken sollte. Wir konzentrierten uns auf ein vielseitiges Platinenlayout statt auf eine immer und überall passende Schaltung. Das Ergebnis war der Platino [1], der all diese Anforderungen auf bewundernswerte Weise erfüllt.

- Atmel ATmega AVR-Mikrocontroller im 28-poligen oder 40-poligen DIP-Gehäuse
- Arduino-kompatibel
- 2x16, 4x16 oder 4x20 alphanumerisches LCD

## Schlüsselfeatures des Platino v1.4

- Unterstützt ATmega8, ATmega16, ATmega32, ATmega48, ATmega88, ATmega164, ATmega168, ATmega324, ATmega328, ATmega644, ATmega1284
- alphanumerisches LCD mit 2x16, 4x16 oder 4x20 Zeichen
- Bis zu vier Drucktaster
- Bis zu zwei Drehencoder
- Summer und RGB-LED
- 5-V- und 3,3-V-Spannungsregler an Bord
- Abnehmbare Tastatur
- Abmessungen optimiert für Bopla-Gehäuse 26160000
- Arduino-kompatibles Boards-Paket
- Arduino-kompatible Bibliothek und Bootloader für alle unterstützten Controller (außer ATmega48)
- Kompatibel mit Arduino-Shield-Erweiterungsstecker
- Stiftreihe für FTDI-Verbinder, um eine Programmierung durch die Arduino-IDE zu ermöglichen und außerdem ein serielles Kommunikationsinterface zu schaffen;
- Open-Source-, Open-Hardware-Projekt



- Bis zu vier Drucktaster
- Bis zu zwei Drehgeber
- Summer
- RGB-LED
- 5-V-Spannungsregler auf der Platine
- Erweiterungsverbinder
- Abnehmbare Tastatur
- Abmessungen optimiert für Bopla Gehäuse 26160000

Die Kompatibilität zu Arduino wurde als besonders wichtig erachtet, weil die zur Verfügung stehenden Software-Entwicklungstools und Bibliotheken kostenlos und einfach zu bedienen sind. Platino wurde daher um eine Arduino-kompatible Bibliothek, einen Arduino-Bootloader für alle unterstützten Mikrocontroller und um detaillierte Anweisungen, wie das alles in die damals neue integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) v1.0 des Arduino aufgenommen werden kann, erweitert [2].

### Was nicht fortschreitet, fällt zurück!

Seit der Einführung des Platino im Jahr 2011 ist viel Wasser den Rhein hinuntergeflossen. Arduino ist enorm populär geworden und Platino fand in vielen Projekten Aufnahme. Doch in fast fünf Jahren hat sich Platino nicht verändert, ja, man könnte sagen, die Situation hat sich sogar verschlechtert.

In der Tat, die Menschen möchten eigentlich elegante Schaltungen um einen Mikrocontroller nach Wahl entwerfen, stattdessen stapeln sie Erweiterungs-Shields auf Arduino-Boards und bauen so hässliche, unbeholfene Platinenklumpen, Hardware,

**OKAY, OKAY ...  
IT LOOKS SIMILAR  
BUT ... THIS ONE  
IS GREEN!**



die nur in „kundenspezifische“ Gehäuse passt. Vergessen Sie nicht, ein Arduino Uno ist nichts anderes als ein ATmega328 Break-out-Board (BOB) mit einem Seriell-zu-USB-Konverter und einem ziemlich unpraktischen Formfaktor.

### Die große Verjüngungskur

In den letzten Jahren haben wir viel Erfahrung mit dem Platino-Board gesammelt und einige Probleme kennengelernt. Nichts wirklich Gravierendes, aber wir planten, sie bei Gelegenheit zu beheben. Die Gelegenheit kam, als einer unserer Ingenieure an einem Serial-Kommunikations-Protokoll-Analyzer auf Platino-Basis arbeitete. Die Entwicklerin fand, das Projekt wäre viel einfacher zu verwirklichen, wenn die Platino-Platine Zugriff auf die zweite serielle Schnittstelle des 40-poligen AVR-Controllers gewähren würde. Etwa zur gleichen Zeit erschien der Boards-Manager in der neuen Arduino-IDE (1.6.2), der die Installation von Third-party-Boards wie Platino stark vereinfacht. Dies gab endgültig den Ausschlag, das Platino-Board, die dazugehörige Bibliothek und die Bootloader einer Verjüngungskur zu unterziehen. Hier die wichtigsten Änderungen nach **Bild 1**.

**3,3 V-on-board** - Zunächst besaß Platino nur einen 5-V-Spannungsregler, aber unter den Shield-Anschlüssen des Arduino fand sich immer auch ein 3,3-V-Pin. Wenn Sie am Platino ein Board mit 3,3 V betreiben wollten, mussten Sie dazu den 5-V-durch einen 3,3-V-Regler ersetzen oder eine externe 3,3-V-Versorgung am Shield anschließen. Der neue Platino verfügt nun über einen eigenen 3,3-V-Regler, dessen Spannung mit Löt-

jumper (JP2) mit dem 3,3-V-Anschluss des Shields verbunden werden kann. JP2 ist dagegen verschwunden. So wird der Platino 100%-ig Arduino-kompatibel.

**Keine Konflikte mit der Versorgungsspannung** - Platino benötigt ein Seriell-zu-USB-Adapterkabel für die Programmierung im Arduino-Stil und ist daher mit einem kompatiblen Anschluss für FTDI-Kabel (K2) ausgestattet. Allerdings stellt ein solches Kabel auch eine Spannung von 5 V zur Verfügung, die üblicherweise direkt mit der Versorgung des Boards (VCC) verbunden ist. Auf dem neuen Platino ist eine Schottky-Diode in Reihe mit Pin 5 des FTDI-Kabels geschaltet, um Konflikte der beiden Spannungsversorgungen zu verhindern. Übrigens: Für den bequemen Anschluss eines externen Netzteils haben wir Schraubklemme K12 aufgenommen.

**Zweite serielle Schnittstelle** - Die 28-poligen ATmega-AVR-Controller haben nur einen universellen (a)synchronen Empfänger/Sender (USART) - in Arduino-Sprech als *Serial* bezeichnet - der mit PD0 (RXD) und PD1 (TXD) verbunden ist. 40-polige Controller besitzen jedoch zwei USARTs (*Serial0* und *Serial1*), von denen der zweite an PD2 (RXD1) und PD3 (TXD1) liegt. Beim alten Platino wurden PD2 und PD3 für die RS- und E-Signale des LCD verwendet. Der gleichzeitige Einsatz des zweiten USART war unmöglich.

Beim neuen Platino wurden die beiden Lötbrücken JP15 und JP16 hinzugefügt, um den Anschluss der LCD-Signale (RS mit JP15 an PB7 und E mit JP16 an PB6) zu ermöglichen. Bei 28-Pin-Controllern sind PB6 und PB7 oft vom Quarz des MCU-Taktoszillators besetzt, so dass Sie wahrscheinlich die Anschlüsse wie beim alten Platino nutzen möchten. Bei 40-poligen MCUs sind PB6 und PB7 frei zu verwenden (außer bei der In-System-Programmierung ISP).

**Reset-Schaltung** - Zu altherwürdigen Vor-UNO-Zeiten gab eine IDE ein Reset entweder als DTR- oder RTS-Signal über die serielle Schnittstelle aus. Beim RTS-Signal reicht es, einen Impuls zu erzeugen und ihn über einen Widerstand zum Reset-Anschluss des Controllers zu führen. Das FTDI-Kabel verfügt nur über eine RTS-Leitung, das Signal ist aber die ganze Zeit aktiv, wenn auch die serielle Schnittstelle aktiv ist. Daher wurde ein Kondensator eingeschaltet, der nur die fallende Flanke des Signals benutzt, um den Controller zurückzusetzen. Zur Unterstützung von DTR- und RTS-Resets gab es auf dem alten Platino R13, als Widerstand gezeichnet, mit der Möglichkeit, auch einen Kondensator einzusetzen. Beim neuen Platino wurde die DTR-Unterstützung ganz fallengelassen. R13 wird in Aufdruck wie in Bestückung von C10 ersetzt.

**Tattoos und Bärte** - sind en vogue. Wir haben deshalb versucht, einen Bart an Platino zu kleben, er ist allerdings beim Löten vor sich hinstinkend verschmort. So musste Platino glatt rasiert bleiben. Wir haben aber eine Menge Tattoos auf Rücken und Bauch des Platinos gedruckt, und zwar solche, die klar über die Funktionen informieren. Vor allem die Lötbrücken wurden überarbeitet, der Platinenaufdruck gibt jetzt durch große Buchstaben klar an, mit welchem Port ein Signal durch einen Lötjumper verbunden ist. Eine Übersicht finden Sie in **Tabelle 1**. Im Gegensatz zu Ihren eigenen Tattoos werden Sie die auf Platino niemals bereuen!

copyright 

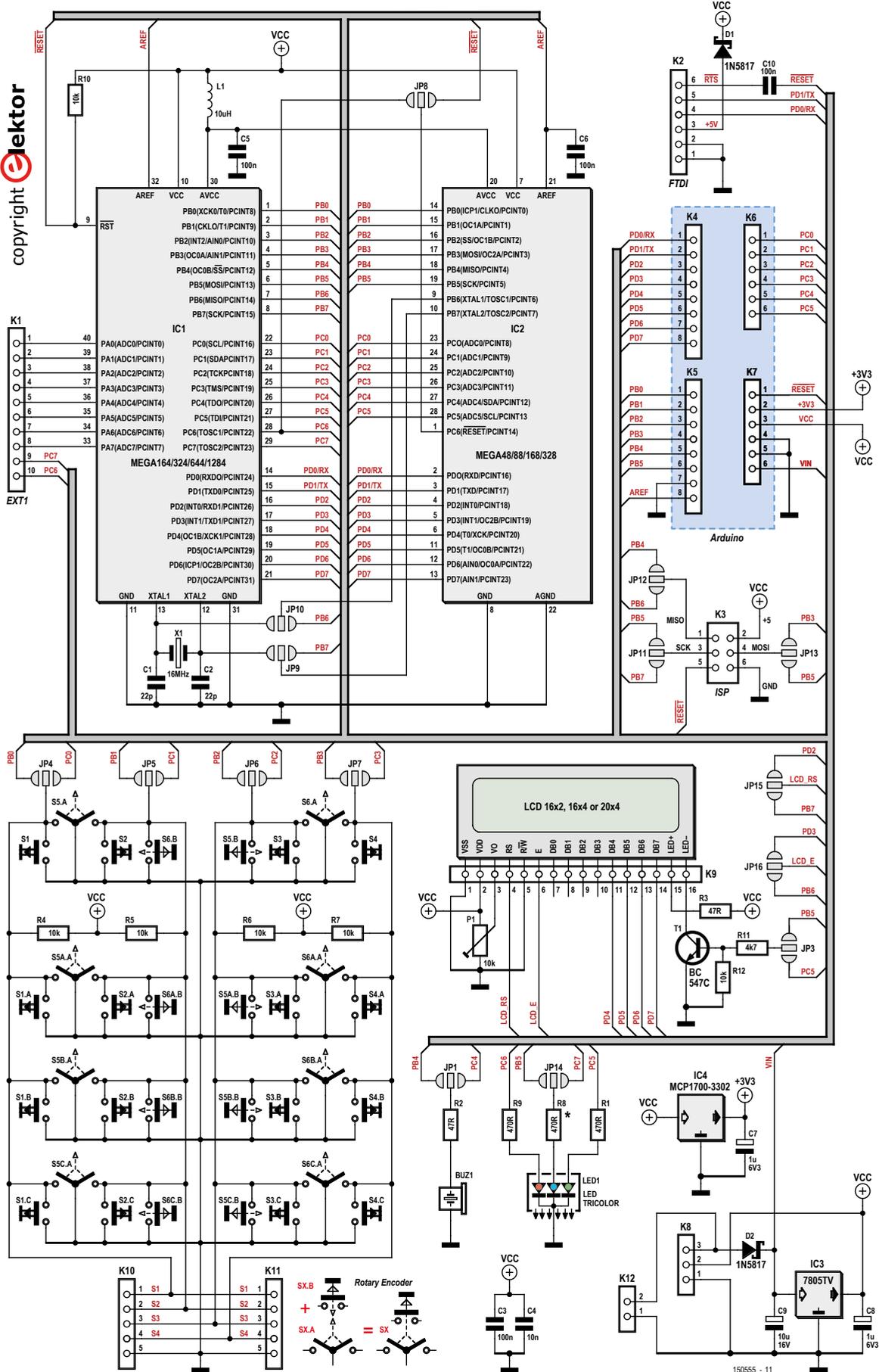


Bild 1. Das Schaltbild des Platino sieht aufgrund der vielen Konfigurationsmöglichkeiten komplizierter aus als es ist. Von den 24 Tastern müssen Sie maximal vier montieren

Auch das **Board-Layout** wurde optimiert, um Kommunikationsprobleme bei hohen Baudraten zu lösen. Dies kam vor allem bei einigen Bootloadern für seltene Controller vor. Nun funktionieren alle Bootloader für alle Controller einwandfrei bis 115.200 Baud.

### Softwareweise

Wie Arduino ist auch Platino mehr als nur ein Board, es ist eine flexible Kombination aus Hard- und Software für alle Arten von Anwendungen. Sie haben erfahren, wie sich die Platino-Hardware geändert hat, sehen Sie jetzt, was mit der Software passiert ist. Arduino hat sich in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt und unterstützt nun multiple Toolchains, mehrere Prozessorarchitekturen und Boards vieler Hersteller. Dazu wurde die IDE völlig neu strukturiert, um die Verwendung von Add-ons von Drittanbietern für die Benutzer (weniger für die Dritten) einfacher zu gestalten. Eines der für Platino wichtigen neuen Features ist der Boards-Manager, den man oben im Menü *Tools* → *Board* findet.

Der Boards-Manager ermöglicht die Installation von Boards-Packages. Der Benutzer muss sich nur für ein Boards-Package entscheiden, um ein „fremdes“ Arduino-kompatibles Board der IDE hinzuzufügen. Das Boards-Paket kann auch (hoffentlich) spurlos wieder deinstalliert werden. Der Manager kümmert sich um alles, natürlich mit Hilfe des Drittanbieters (Elektor in diesem Fall), der das Boards-Package erstellen muss, damit es dem Manager zur Verfügung steht.

Die Boards-Packages bestehen aus einer JSON-Datei, die Gruppen von Informationen zu einem oder mehreren Boards enthält und einer ZIP-Datei, die alles enthält, was die IDE benötigt, um Sketches für ein bestimmtes Board zu kompilieren. Der Benutzer gibt dem Boards-Manager nur die JSON-Datei an, der dann die ZIP-Datei herunterlädt, die Checksummen kontrolliert und alles installiert. Sie können die neu installierten Boards im Menü *Tools* → *Board* auswählen.

Wir haben für Platino zwei Boards-Pakete gepackt, eines für Arduino 1.6.5 und eines für 1.6.6 und höher. Beide Pakete finden Sie auf der Elektor.Labs-Seite bei GitHub [3]. Beachten Sie, dass der Boards-Manager (noch) nicht in der aktuellen

## Ein Wort zum ATmega48

Mit nur 4 KB Flash-Speicher und 512 Byte RAM ist der ATmega48 das kleinste Mitglied der ATmega-Familie. Es ist ein 28-Pin-AVR-Controller und damit ist er 100% kompatibel mit Platino. Wegen seiner geringen Speicherkapazität hat er keinen speziellen Bootloader-Speicher. Daher kann er nur mit der Arduino IDE verwendet werden, wenn Sie einen AVR ISP-Programmer haben, der von der IDE unterstützt wird. Der Upload-Button kann bei diesem Controller nicht verwendet werden.

Arduino-IDE von Arduino.org (v1.7.x) enthalten ist und holen Sie die IDE von Arduino.cc. Aus dem *File*-Menü öffnen Sie das *Preferences*-Fenster und geben in die Box *Additional Boards Manager URLs* fehlerfrei (!) folgende Adresse ein:

[https://raw.githubusercontent.com/ElektorLabs/arduino/master/package\\_elektor-labs.com\\_ide-1.6.6\\_index.json](https://raw.githubusercontent.com/ElektorLabs/arduino/master/package_elektor-labs.com_ide-1.6.6_index.json)

Es ist auch möglich, die JSON-Datei erst auf die Festplatte herunterzuladen und dann den vollständigen Pfad zur Datei einzugeben, beginnend mit: `file:///`.

**Tabelle 1. Setzen Sie alle Lötbrücken auf der Platino-Platine, bevor irgendwelche Bauteile montiert werden.**

Jumper	Funktion	Position 1	Position 2
JP1	Summer	PB4	PC4
JP2	nicht vorhanden		
JP3	LCD-Hintergrundbeleuchtung	PB5	PC7
JP4	S1/S5.A	PB0	PC0
JP5	S2/S5.B	PB1	PC1
JP6	S3/S6.A	PB2	PC2
JP7	S4/S6.B	PB3	PC3
JP8	PC6 (nur 28-pin)	Reset	PC6
JP9	PB7 (nur 28-pin)	Quarz	PB7
JP10	PB6 (nur 28-pin)	Quarz	PB6
JP11	ISP SCK	PB5 (28-pin)	PB7 (40-pin)
JP12	ISP MISO	PB4 (28-pin)	PB6 (40-pin)
JP13	ISP MOSI	PB3 (28-pin)	PB5 (40-pin)
JP14	LED	PB5	PC7
JP15	LCD RS	PD2	PB7
JP16	LCD E	PD3	PB6

Anzeige

## MÜLLER-BBM

Müller-BBM GmbH  
Personalabteilung  
Robert-Koch-Straße 11  
82152 Planegg/München  
Ansprechpartnerin:  
Konstanze Flint  
Telefon +49 89 85602-270  
Personal@mbbm.com

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

Die Ingenieurgesellschaft Müller-BBM und ihre Tochterunternehmen sind mit über 400 Mitarbeitern an 19 Standorten in Deutschland, Österreich und in der Schweiz vertreten. In unserem Elektroniklabor in Planegg bei München werden Spezialprodukte in Kleinserien entwickelt und gefertigt. Hier suchen wir Sie als

### Elektroniker/Techniker Elektrotechnik (m/w)

Ihre Aufgaben umfassen den Aufbau und Test elektronischer Baugruppen, den Service und die Reparatur von Messgeräten, die Beschaffung von Material und Komponenten sowie die Entwicklung und Programmierung analoger und digitaler Schaltungen. Sie bringen Fachkompetenz, Kreativität und Erfindungsgeist ein, um gemeinsam mit unseren Ingenieuren unsere Spezialprodukte anzupassen, zu verbessern oder neue Lösungen zu finden.

Wir bieten Ihnen ein angenehmes Betriebsklima in einem Unternehmen mit Teamgeist, einem außergewöhnlichen Mitarbeiterbeteiligungsmodell, attraktiven Konditionen und guten Sozialleistungen wie z. B. einer betrieblichen Altersversorgung.



Schließen Sie das Fenster *Preferences* und wählen aus dem Menü *Tools* → *Board* den *Boards Manager* oben. Klicken Sie auf *Type* in der linken oberen Ecke des Fensters, das sich öffnet, und wählen Sie *Contribute*. Wenn Sie *Contribute* noch

nicht sehen, schließen Sie den Boards Manager und starten ihn erneut. Jetzt sollte dort der Eintrag **Elektor AVR boards by Elektor.Labs** stehen. Klicken Sie darauf, so dass die Installationstaste erscheint, und klicken Sie auf Installation. Klicken

## Stückliste

### Widerstände:

alle 5%, 0,25 W  
R2,R3 = 47 Ω  
R1,R8,R9 = 470 Ω  
R11 = 4k7  
R4,R5,R6,R7,R10,R12 = 10 k  
P1 = 10-k-Trimpoti, liegend

### Kondensatoren:

C1,C2 = 22 p, Raster 2,5 mm  
C4 = 10 n, Raster 2,5 mm'  
C3,C5,C6,C10 = 100 n, Raster 2,5 mm oder 5 mm  
C7,C8 = 1 μ, 50 V, Raster 2,5 mm  
C9 = 10 μ, 50 V, Raster 2,5 mm

### Spule:

L1 = 10 μ

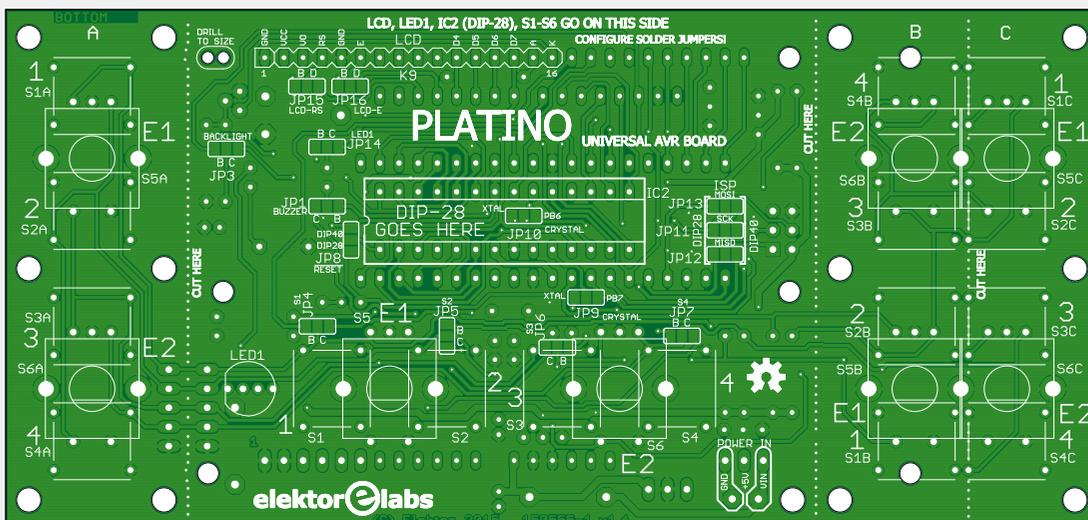
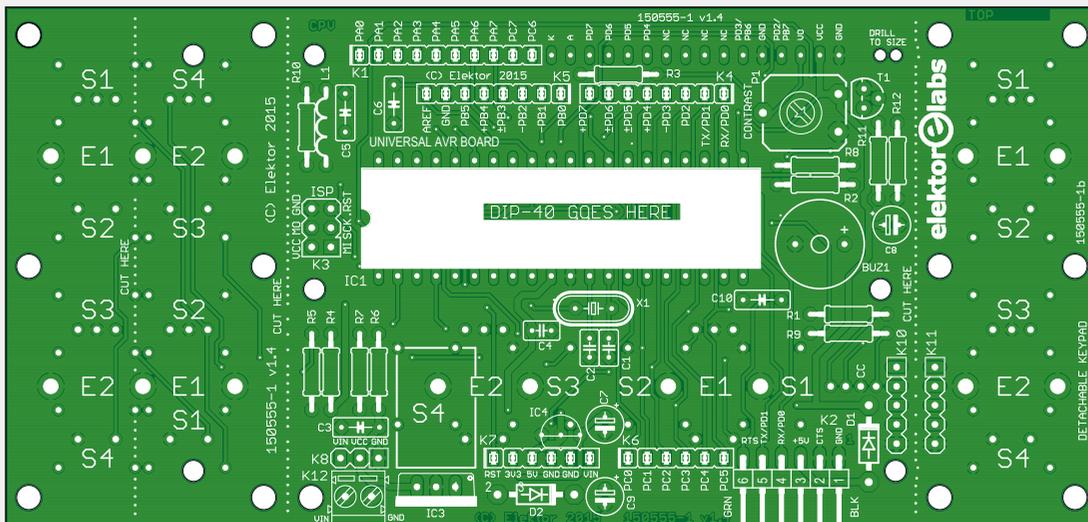
### Halbleiter:

D1,D2 = 1N5817  
LED1 = RGB-LED, 5 mm, gemeinsame Kathode

T1 = BC547C  
IC3 = MC7805  
IC4 = MCP1700-3302E/TO

### Außerdem:

IC1 = DIP40 IC-Fassung  
IC2 = DIP28-Narrow-IC-Fassung (0,3'' breit)  
X1 = 16 MHz, 18 pF Quarz  
BUZ1 = Summer, 12 mm  
S1,S2,S3,S4 = Drucktaster, Multimec RA3FTH9  
S5,S6 = Drehenkoder, Alps EC12E2424407 oder ähnlich  
K1 = 1x10-polige Buchsenleiste, Raster 0,1'', gerade  
K2 = 1x6-polige Stiftleiste, Raster 0,1'' gewinkelt/gerade (siehe Text)  
K3 = 2x3-polige Stiftleiste, Raster 0,1'', gerade  
K4,K5 = 1x8-polige Buchsenleiste, Raster 0,1'', gerade  
K6,K7 = 1x6-polige Buchsenleiste, Raster 0,1'', gerade  
K8 = 1x3-polige Stiftleiste, Raster 0,1'', gerade  
K9 = 1x16-polige Buchsenleiste, Raster 0,1'', gerade  
K12 = 2-polige Platinenschraubklemme, Raster 3,5 mm  
Platine 150555-1 v1.4 aus dem Elektor-Shop  
Gehäuse Bopla 26160000



Sie auf *Close* und öffnen Sie erneut das *Tools* → *Board*-Menü. Scrollen Sie ein paar Zeilen bis zu Elektor Labs und Platino nach unten und wählen dann „Platino“. Aus dem Menü *Tools* → *Processor* wählen Sie den Typ des Controllers auf dem Platino-Board. Achtung: Manche AVR-Controller gibt es in verschiedenen Varianten (Suffix A, P, PA, keins). Sie müssen immer genau den richtigen Typ auswählen. Das ist es schon! Sie können mit dem Programmieren des Platino mit voller Unterstützung seiner Bibliothek und Bootloader loslegen.

Beachten Sie, dass die Platino-Bibliothek ihrem Sketch etwas Code hinzufügt, auch wenn Sie nichts daraus verwenden. Wenn Sie die Platino-Bibliothek nicht verwenden wollen, wählen Sie deshalb „Platino without library“ im Menü *Tools* → *Board*.

### Schrittweise zum Platino

Platino ist eine Platine, die Sie nach Ihren Vorstellungen bestücken und konfigurieren sollen. Hier ist eine Checkliste, die Ihnen hilft, typische Fehler zu vermeiden, wenn Sie sie Schritt für Schritt durchgehen:

- Wenn Sie Platino mit Arduino nutzen wollen, sollte Sie sich selbst ein 5-V-FTDI-Serial2USB-Kabel zulegen. In diesem Fall empfehlen wir dringend, dass Sie mindestens eine LED für Testzwecke an R8 anschließen und dass Sie Lötbrücke JP14 auf „B“ positionieren. Alternativ können Sie die LCD-Hintergrundbeleuchtung für diese Funktion verwenden, wenn Sie Lötjumper JP3 auf „B“ positionieren.
- Überdenken Sie sorgfältig die Konfiguration Ihres Systems. Wählen Sie einen Prozessor und die Peripherie, die Sie benötigen.
- Suchen Sie die Jumper-Einstellungen in **Tabelle 1** aus. Notieren Sie die Einstellungen.
- Verbinden Sie die Lötbrücken, die sich alle auf der gleichen Platinenseite befinden, gemäß der Tabelle. Legen Sie auch die fest, die Sie nicht brauchen.
- Montieren Sie alle Bauteile. Das ist meist einfach, aber es gibt doch einige Fallstricke:
- Eine 28-Pin-MCU (IC2) ist auf der gleichen Seite wie LCD, Taster/Drehgeber und LED angebracht. Alle anderen Teile einschließlich einer 40-Pin-MCU (IC1) werden auf der anderen Seite der Platine montiert.
- Lötbrücke JP10 befindet sich im Footprint der 28-Pin-MCU IC2. Setzen Sie deshalb den Lötjumper, bevor Sie (die Fassung für) IC2 bestücken.



Bild 2. Volle Bestückung mit einem großen 4x20-LCD, Drehgeber und Drucktaster.

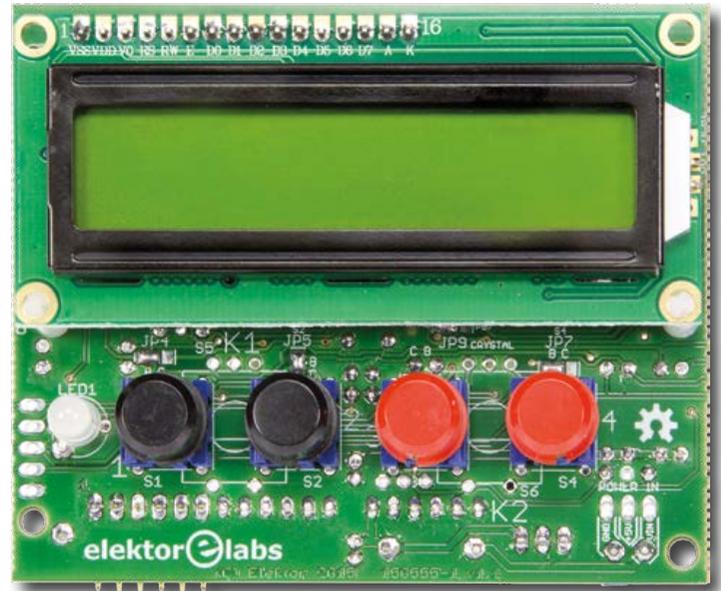


Bild 3. Alle überflüssigen Teile der Platine können abgebrochen werden, so dass ein kompaktes System mit einem 2x16-LCD und vier Drucktastern entsteht.

- Quarz X1 besitzt ein Metallgehäuse, das Kurzschlüsse mit den Leiterbahnen verursachen kann. Normalerweise schützt der Lötstopplack, aber um sicher zu gehen, isolieren Sie den Quarz vor dem Löten mit etwas doppelseitigem Klebeband von der Platine.

Anzeige

**HAMMOND**  
MANUFACTURING®

**Gehäuse für**  
Raspberry Pi, Arduino und  
viele andere  
Einplatinencomputer

- Gehäuse
- Plattform

**+ 44 1256 812812**

**sales@hammondmfg.eu /1593HAM.htm**



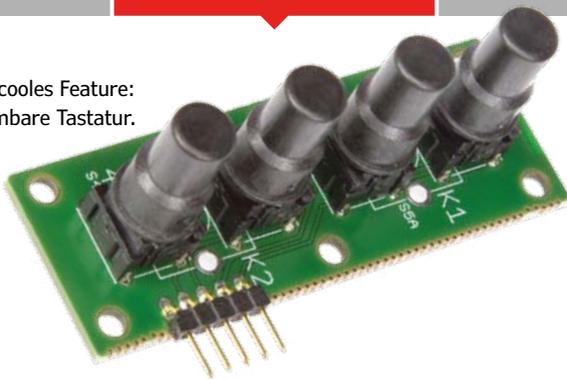
Sie haben die Wahl.

- Gehäuse für jeden Rundumschutz
- Plattform für jeden Rundumzugriff
- Designspezifische Ausführungen für alle beliebten Modelle
- Alle Details unter hammondmfg.com



**/1593HAMEGG.htm**

Bild 4. Ein cooles Feature:  
Die abnehmbare Tastatur.



- Bringen Sie Taster oder Drehgeber unter einem 2x16-LCD an, bevor Sie IC3, IC4 und C7 auf der anderen Seite der Platine bestücken.

IC3, C7, C8 und C9 sind ziemlich groß und können Add-on-Boards stören, wenn sie vertikal montiert werden. Aus diesem Grund weist die Platine Freiraum auf, um diese Bauteile liegend zu montieren. Biegen Sie die Anschlussdrähte vor dem Löten der Teile. IC3 liegt mit dem „Gesicht“ nach unten.

Die Software steuert über T1 die LCD-Hintergrundbeleuchtung. Wenn Sie das nicht wünschen, lassen Sie T1, R11 und R12 weg. Dadurch wird eine versehentliche Interferenz zwischen Hintergrundbeleuchtung und RGB-LED vermieden. Soll die Hintergrundbeleuchtung ständig eingeschaltet sein, löten Sie eine Drahtbrücke zwischen Emitter und Kollektor von T1 (oder bringen einen Jumper an).

Der FTDI-Kabel-Verbinder K2 kann wie in den Fotos zu sehen gewinkelt sein, dann kann man das Kabel leichter aufstecken, Platino passt aber dann nicht mehr in das Bopla-Gehäuse. Ist ein Gehäuse geplant, muss man eine gerade Stiftleiste für K2 verwenden.

Wenn Sie Platino mit Arduino nutzen, müssen Sie zuerst den Bootloader in den Controller programmieren. Sie können dies aus der Arduino-IDE heraus tun, wenn das Platino-Boards-Paket wie oben beschrieben installiert wurde. Sie brauchen dazu einen AVR-Programmer.

Dies kann ein Arduino-kompatibles Board wie ein Platino sein, der mit dem

Sketch *Examples* → *11.ArduinoISP* programmiert wurde. Zuerst wählen Sie den Zielcontroller des Platino im Menü *Tools* → *Board* und *Tools* → *Processor* und den Programmer aus dem Menü *Tools* → *Programmer*. Schließen Sie den Programmer an den ISP-Anschluss K3 des Platino an und klicken Sie auf *Tools* → *Burn Bootloader*.

Stöpseln Sie das Programmiergerät aus und schließen Sie das FTDI-Kabel an. Wählen Sie die richtige serielle Schnittstelle aus dem Menü *Tools* → *Port*. Wenn die Debug-LED wie unter Punkt 1 vorgeschlagen bestückt ist, können Sie versuchen, den Sketch *Examples* → *01.Basics* → *Blink* hochzuladen. Wenn Sie alle Anweisungen genau befolgt haben, sollte die LED mit einer Frequenz von 0,5 Hz blinken. Herzlichen Glückwunsch!

### Das API

Wir haben eine Bibliothek mit dem Ziel erstellt, Ihnen zu helfen, die Platino-Peripherie auf einfache Weise in Ihre Anwendung zu integrieren. Das Application Programming Interface (API) der Bibliothek wird hier beschrieben, der Source-Code einschließlich eines Beispiels-Sketches kann von GitHub heruntergeladen werden [4]. Eine manuelle Installation dieser Bibliothek ist nicht empfehlenswert, mit dem oben beschriebenen Boards-Paket geht es viel einfacher und schneller. Nach Installation des Boards-Pakets ist Platino in die IDE integriert. Das bedeutet, dass Sie keine Platino-bezogenen Header-Dateien im Sketch einbinden müssen. Die Bibliothek zeigt ein Platino-Objekt für den Einsatz in einem Sketch. Da die Bibliothek nichts über die Konfiguration der Lötbrücken weiß, müssen Sie sie darüber informieren. Dies erledigen Sie mit dem Befehl `begin`:

```
// Configure Platino.
Platino.begin(jp1,jp3,jp4,jp5,jp6,jp7,jp14,jp15,jp16);
```

In diesem Statement bezeichnet `jpX` die Steckbrücken, über die die Bibliothek Bescheid wissen muss. Zur besseren Lesbarkeit ist es empfehlenswert, sie als Konstanten am Anfang des Sketches zu deklarieren, noch vor dem `begin`-Befehl:

```
// Platino solder jumpers for readability.
const uint8_t jp1 = 'B'; // Buzzer
const uint8_t jp3 = 'C'; // Backlight
const uint8_t jp4 = 'B'; // S1
const uint8_t jp5 = 'B'; // S2
const uint8_t jp6 = 'B'; // S3
const uint8_t jp7 = 'B'; // S4
const uint8_t jp14 = 'B'; // LED
const uint8_t jp15 = 'D'; // LCD RS
const uint8_t jp16 = 'D'; // LCD E
```

Nach der Einstellung der Jumper in der Software müssen Sie der Bibliothek auch mitteilen, was genau auf dem Board bestückt ist, welche Drucktaster, was für ein Display, usw.. Dies geschieht in den `hasXXX`-Funktionen der Bibliothek:

```
// Activate the peripherals of your board.
Platino.hasDisplay(4,20,true,true); // 4x20 LCD, show
    Platino splash screen.
Platino.hasBacklight(); // We have a backlight.
Platino.hasKnob(1); // Rotary encoder 1 (with
    pushbutton).
```

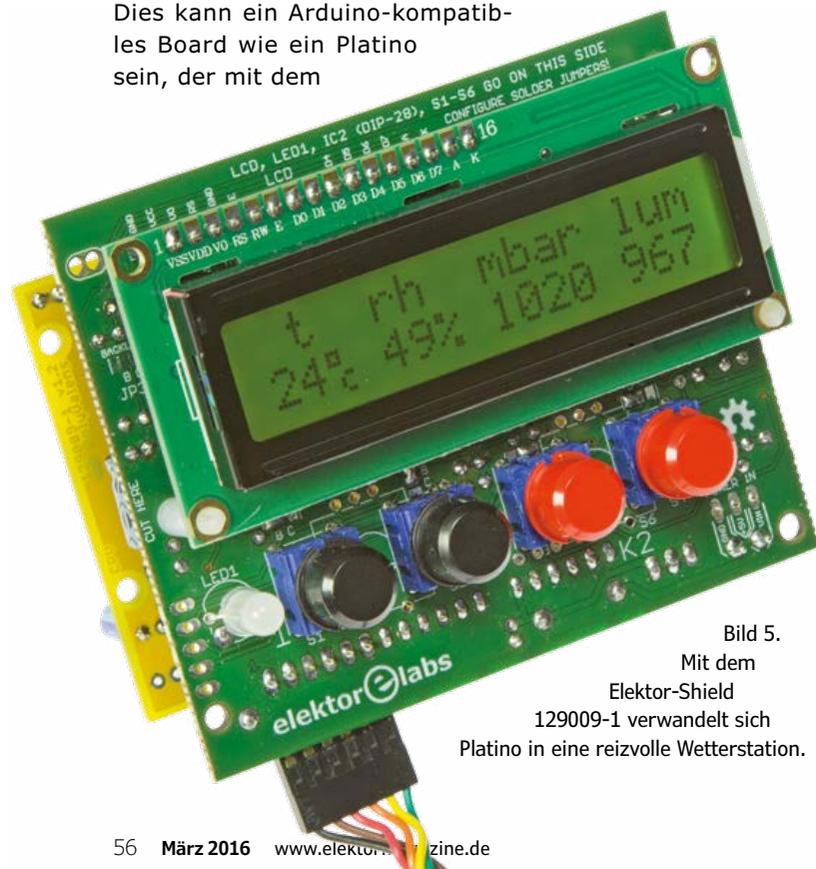


Bild 5.  
Mit dem  
Elektor-Shield  
129009-1 verwandelt sich  
Platino in eine reizvolle Wetterstation.

```
Platino.hasPushbutton(3); // Pushbutton 3 or
    pushbutton of rotary encoder 1.
Platino.hasPushbutton(4); // Pushbutton 4.
Platino.hasLedRgb(); // RGB LED.
Platino.hasBuzzer(); // Buzzer.
```

Der Drehgeber wird dabei einfach „Knob“ genannt. Das API nutzt zur besseren Verständlichkeit so weit wie möglich „natürliche“ Sprache. Die Funktionen sind auf `true` voreingestellt, wenn Sie ein Argument nicht angeben. Es wird dann also angenommen, dass das entsprechende periphere Element vorhanden ist. Zum besseren Verständnis des Codes ist es auch möglich, der Bibliothek mitzuteilen, dass sich eine bestimmte Peripherie nicht an Board befindet:

```
Platino.hasBacklight(false); // Hard wired on or not
    present.
```

Sobald die Hardware-Beschreibung der Bibliothek übergeben wurde, kann sie schon benutzt werden:

```
Platino.backlight(true); // Backlight on.
Platino.ledRgb(0,0,0); // RGB LED off.
Platino.display.clear(); // Clear display.
Platino.beep(1000,100); // 1 kHz, 100 ms
```

Beachten Sie die besonderen Aufrufe für das Display. Die Platino-Bibliothek verwendet die übliche LiquidCrystal-Bibliothek des Arduino für das LCD, es würde keinen Sinn haben, einen zusätzlichen Layer hinzuzufügen. Alle Funktionen von LiquidCrystal können durch Voransetzen von `Platino.display` verwendet werden.

Drucktasten und Drehgeber (Knobs) werden von der Bibliothek entprellt, so kann man sie einfach ohne weitere Verarbeitung auslesen:

```
// Send the new value of rotary encoder 1 to the
    Serial Plotter.
if (Platino.knobChanged(1)==true) Serial.
    println(Platino.knobRead(1));
// Reset the counter of encoder 1 by pressing
    pushbutton 3.
if (Platino.pushbuttonRead(3)==PUSHBUTTON_DOWN)
    Platino.knobWrite(1,0);
```

Standardmäßig wird der Zustand eines Tasters nach dem Auslesen auf `PUSHBUTTON_IDLE` gesetzt, weil dies am bequemsten ist, um Tastendrucke zu erfassen. Wenn Sie aber etwas während des Tastendrucks tun wollen, darf der Zustand nach dem Drücken/Lesen nicht sofort wieder gelöscht werden. In diesem Fall sollten Sie das zweite Argument auf `false` setzen, etwa so:

```
while (Platino.pushbuttonRead(3,false)==PUSHBUTTON_
    DOWN) do_something();
// Clear the button state when done.
pushbuttonClear(3);
```

Ein Preprocessing der Drucktaster wird in der Funktion `tick` vorgenommen, die von der Interrupt-Serviceroutine (ISR) von Timer0 aufgerufen wird, niemals von Ihrem Sketch selbst.

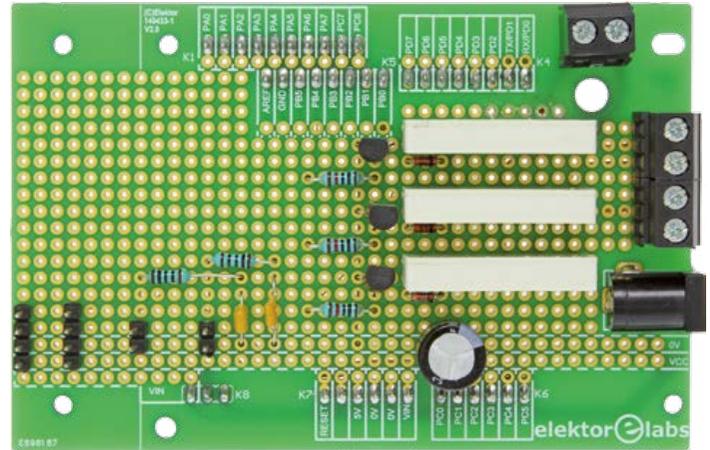


Bild 6. Das Add-on-Board für den Platino ist ideal für Experimente und für benutzerdefinierte Anwendungen.

Beim Arduino zählt diese ISR Mikro- und Millisekunden und wird von den Arduino-Funktionen `millis`, `micros` und `delay` verwendet (nicht aber von `delayMicroseconds`), so dass Sie damit normalerweise nichts zu tun haben. Wenn Sie Timer0 umfunktionieren wollen, müssen Sie `Platino.tick` aufrufen, vorzugsweise mit einer Frequenz von etwa 1 kHz.

Eine letzte, aber nicht selbstverständliche Anmerkung zu den Drehgebern und Tastern: Ein Drehencoder entspricht zwei Tastern, und verfügt noch über einen Drucktasten, so entspricht er drei Tasten. Folglich können Sie haben:

- Keinen Encoder und bis zu vier Drucktasten;
- Einen Encoder und bis zu zwei Drucktasten;
- Zwei Encoder ohne Drucktasten und keine anderen Tasten.

Schließlich noch eine Anmerkung zur RGB-LED. Diese LED wird strikt binär (jede Farbe an/aus) angesteuert. Es gibt keine in der Platino-Bibliothek eingebaute PWM, so dass Sie alle Vollfarb-Anwendungen selber schreiben müssen.

Tiefste Erkenntnis über die Bibliothek erlangt der Profi aus dem Studium des Quellcodes. Die Datei `Platino.h` ist dabei ein guter Anfang.

### Entwickeln, bauen, anwenden!

Der Platino ist eine ideale Plattform für Arduino-Projekte mit einem „human interface“. Aber Platino ist mehr als nur ein Arduino-kompatibles Board; sondern ein vielseitiges Mikrocontroller-Board mit vielen Optionen, die genutzt und mit anderen Tools und Sprachen erkundet werden können. Also, welches Projekt wollen Sie starten? ◀

(150555)

### Weblinks

- [1] [www.elektor-magazine.de/100892](http://www.elektor-magazine.de/100892)
- [2] [www.elektor-magazine.de/120094](http://www.elektor-magazine.de/120094)
- [3] <https://github.com/ElektorLabs/Arduino>
- [4] <https://github.com/ElektorLabs/150555-Platino/>
- [5] [www.elektor-magazine.de/150555](http://www.elektor-magazine.de/150555)
- [6] [www.elektor-labs.com/platino](http://www.elektor-labs.com/platino)

# Universelle Netzteil-Platine

## Mit drei konfigurierbaren Ausgangsspannungen

Von **Ton Giesberts** und **Harry Baggen** (Elektor-Labor)

Der DDS-Funktionsgenerator vom November 2015 wurde zusammen mit einem Netzteil veröffentlicht, das drei Spannungen liefert. Die Platine ist so aufgebaut, dass sich die drei Spannungen unkompliziert an andere Einsatzzwecke anpassen lassen. Hier beschreiben wir, wie das funktioniert.

Die meisten elektronischen Systeme kommen heute nicht mehr mit einer einzigen Betriebsspannung aus, sie brauchen zum Beispiel eine symmetrische Spannung für den analogen Schaltungsteil sowie die Spannung 3,3 V oder 5 V für das digitale Teilsystem. Die Stromversorgung kann zwar zusammen mit dem analogen und digitalen Teil auf einer gemeinsamen Platine untergebracht werden, eine flexiblere Lösung ist jedoch die Trennung der Stromversorgung und der Aufbau auf einer separaten Platine.

Die Netzteil-Platine, um die es hier geht, war als Stromversorgung für den DDS-Funktionsgenerator konzipiert, den wir im November 2015 veröffentlicht haben. Inzwischen hat sich gezeigt, dass sich diese Platine auch für die Stromversorgung anderer Systeme mit niedrigem Leistungsbedarf anbietet. In **Bild 1** ist noch einmal die Schaltung wiedergegeben, die im November 2015 veröffentlicht wurde. Die Werte der Bauele-

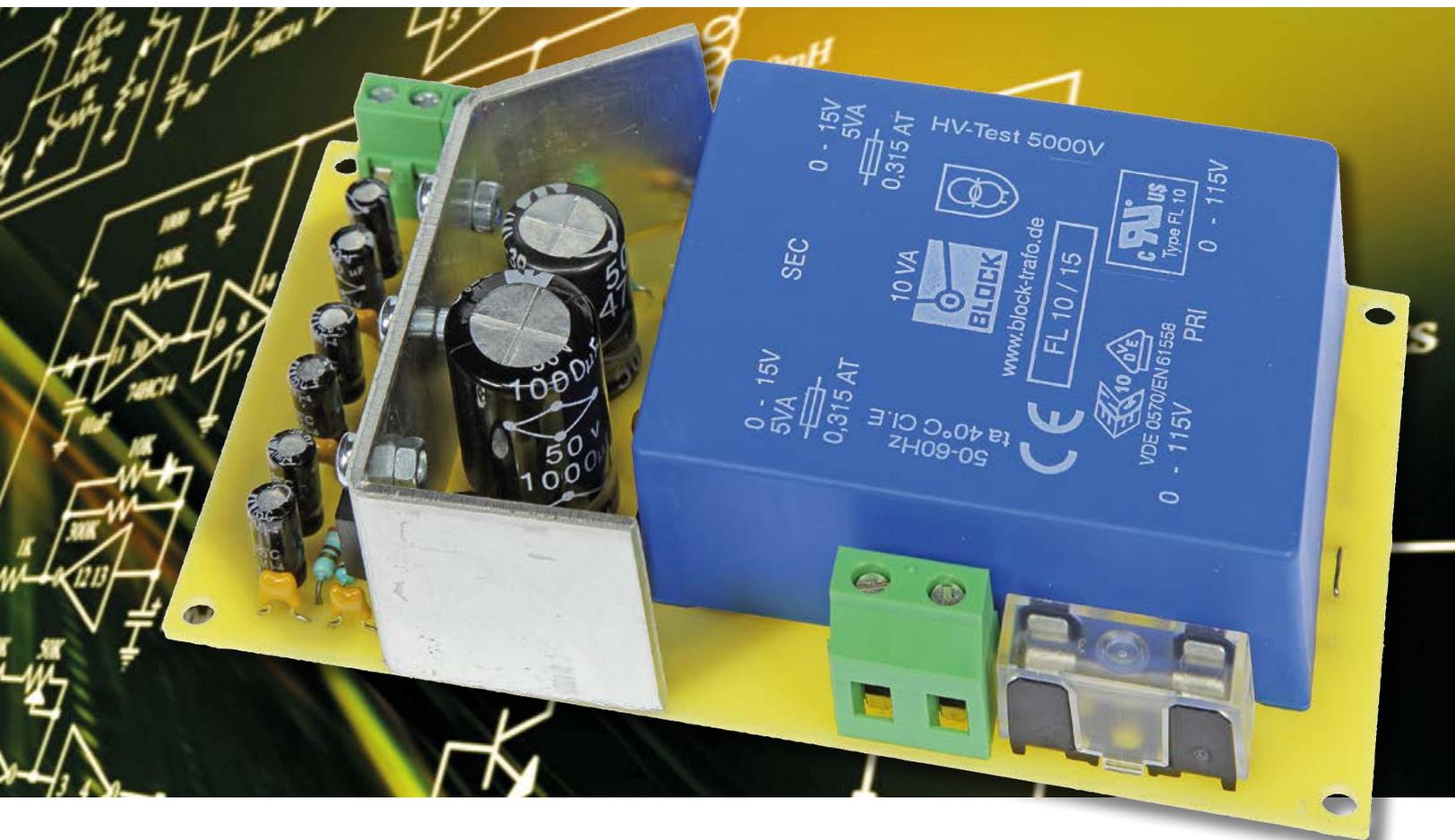
mente sind so dimensioniert, dass die Ausgangsspannungen  $\pm 15$  V und  $+3,3$  V betragen. Diese Werte sind anpassbar, denn die Spannungsregler LM317T und LM337T [1] liefern Ausgangsspannungen im Bereich 1,25...37 V bei Strömen bis 1,5 A. Anzumerken ist hier, dass auch Typen mit dem Suffix „M“ statt „T“ auf

dem Markt sind, der Ausgangsstrom dieser Typen beträgt nur 0,5 A.

Die Ausgangsleistung der Netzteil-Platine ist variabel, sie hängt von der Leistung des montierten Trafos ab. Die Trafos des Herstellers Block [2], die auf die Platine passen, geben unterschiedliche Spannungen und Leistungen ab, sie sind mitein-

**Tabelle 1. Ausgangsspannungen und zugehörige Werte.**

Ausgangsspannung	Trafospannung sekundär	Elkospannung C5, C6, C17 Mindestwert	Widerstände R1, R3, R5	Widerstände R2, R4, R6
3,3 V	2 · 8 V	16 V	240 $\Omega$	390 $\Omega$
5 V	2 · 9 V	25 V	240 $\Omega$	750 $\Omega$
6 V	2 · 12 V	25 V	240 $\Omega$	910 $\Omega$
8 V	2 · 12 V	25 V	240 $\Omega$	1k3
9 V	2 · 12 V	25 V	240 $\Omega$	1k5
12 V	2 · 15 V	35 V	240 $\Omega$	2k0
15 V	2 · 18 V	35 V	200 $\Omega$	2k2
18 V	2 · 18 V	35 V	200 $\Omega$	2k7
24 V	2 · 24 V	50 V	200 $\Omega$	3k6



ander grundflächen- und pinkompatibel. Die leistungsstarken Typen sind lediglich höher als die Typen niedriger Leistung.

### Ausgangsspannungen

Legen Sie zuerst die Anzahl der Ausgangsspannungen fest, es können eine, zwei oder drei Spannungen sein. Wenn lediglich eine symmetrische Spannung benötigt wird, entfallen IC3 und die zugehörigen Komponenten. Bei nur zwei positiven Spannungen sind IC2 und die umgebenden Komponenten entbehrlich. Eine einzige Ausgangsspannung erfordert nur die Montage von IC1 und seiner Umgebung.

Entscheiden Sie anschließend, wie hoch die Ausgangsspannungen sein müssen. In **Tabelle 1** sind die Werte der spannungsbestimmenden Widerstände aufgeführt. Die Werte können auch mit der Formel  $U_{out} = 1,25 V \cdot (1 + R2/R1)$  berechnet werden (in den anderen Spannungszweigen ist R4/R3 beziehungsweise R6/R5 einzusetzen). Solange R1 den Wert

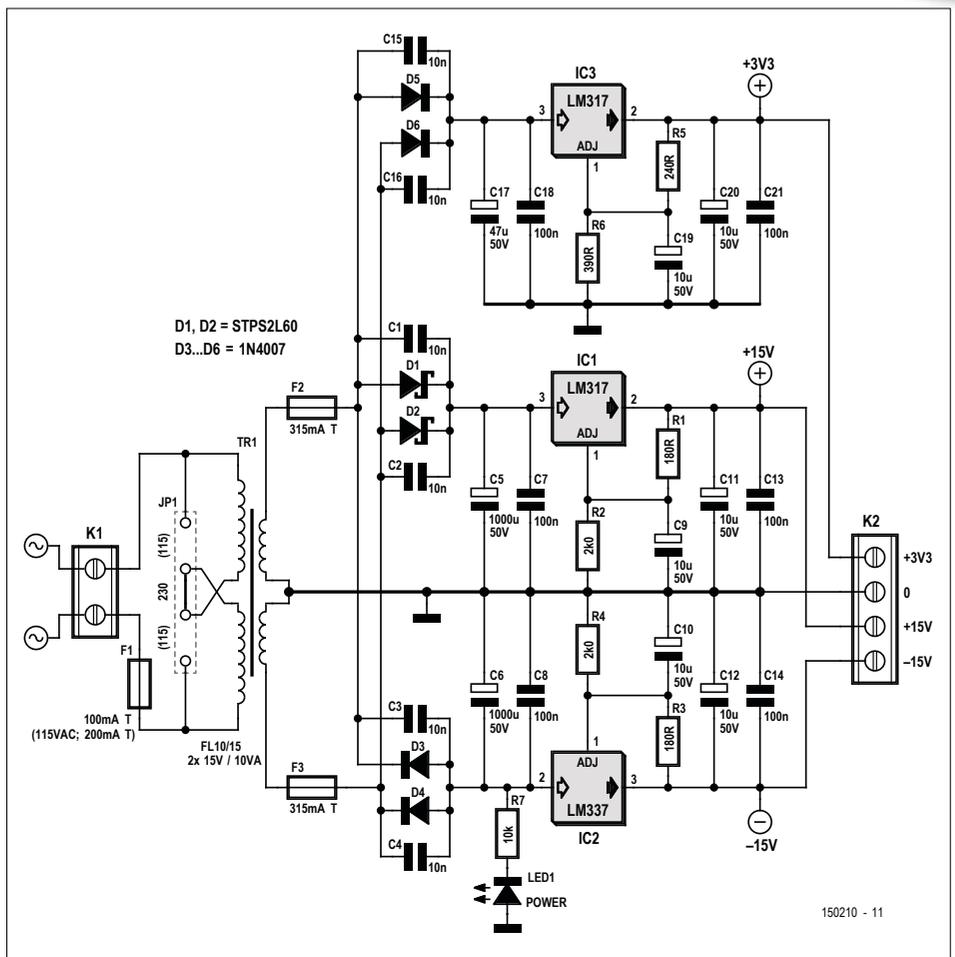


Bild 1. Schaltung des Netzteils vom November 2015. Die Modifikationen gehen aus dem Text und der Stückliste hervor.

240  $\Omega$  oder niedriger hat, ist die vom Steuerstrom (Adjust) verursachte Abweichung vernachlässigbar.

Der Platz für den Kühlkörper auf der Platine ist begrenzt. Deshalb müssen Sie eine Kombination aus Eingangs- und Ausgangsspannung wählen, bei der möglichst wenig Verlustwärme entsteht. Wir kommen darauf später zurück.

### Netztrafo

Die Platine (**Bild 2**) ist für Netztrafos des Herstellers Block [2] ausgelegt, zur Wahl stehen die Typen FL10, FL14, FL18, FL24 und FL30. Die Zahlen geben die Nennleistung des Trafos an. Hinter dem Schrägstrich steht die Ausgangsspannung der beiden sekundären Wicklungen, wählbar sind die Spannungen 5 V, 6 V, 8 V, 9 V, 12 V, 15 V, 18 V oder 24 V.

Der Trafo FL14/18, um ein Beispiel zu nennen, leistet 14 VA, die Ausgangsspannung beträgt  $2 \cdot 18$  V. Die Trafo-Ausgangsspannung muss einige Volt über der höchsten Netzteil-Ausgangsspannung lie-



gen, denn der LM317T braucht ein Spannungsgefälle von mindestens 3 V. Hinzu kommen der Spannungsabfall an den Dioden sowie die Welligkeit der gleichgerichteten Spannung. Soll beispiels-

weise die Netzteil-Ausgangsspannung  $\pm 12$  V betragen, ist 15 V die richtige Trafo-Ausgangsspannung. Die Trafo-Leistung lässt sich pauschal bestimmen, indem die Summe aller Ausgangsströme mit der Trafo-Ausgangsspannung und dem Fak-

## Stückliste

### Widerstände:

R1...R6 = siehe Tabelle 1 oder Formel im Text  
R7 = 10 k, 5 %, 0,25 W

### Kondensatoren:

C1,C2,C3,C4,C15,C16 = 10 n/50 V, Y5V, RM 5 mm  
C5 = ca. 2000  $\mu$  pro Ampere Ausgangsstrom, Arbeitsspannung siehe Tabelle 1, RM 5 oder 7,5 mm,  $\varnothing$  max. 16 mm  
C6 = ca. 2000  $\mu$  pro Ampere Ausgangsstrom, Arbeitsspannung siehe Tabelle 1, RM 5 oder 7,5 mm,  $\varnothing$  max. 16 mm  
C7,C8,C13,C14,C18,C21 = 100 n/50 V, X7R, RM 5 mm  
C9,C10,C11,C12,C19,C20 = 10  $\mu$ /50 V, RM 2 mm,  $\varnothing$  max. 6,3 mm  
C17 = 47  $\mu$ /50 V, RM 2,5 mm oder 3,5 mm,  $\varnothing$  max. 8 mm (oder neben der Platine montieren)

### Halbleiter:

D1...D6 = 1N4002 (bis 1 A) oder STTH2R06 (bis 1,5 A)  
IC1,IC3 = LM317, Gehäuse TO-220  
IC2 = LM337, Gehäuse TO-220  
LED1 = LED grün, 3 mm

### Außerdem:

K1 = Kabelschraubklemme 2-polig, RM 7,5 mm  
K2 = Kabelschraubklemme 4-polig, RM 5 mm  
TR1 = Netztrafo primär 2  $\cdot$  115 V, sekundär 2  $\cdot$  5...24 V, 10...30 VA (z. B. Block FL 10/15)  
F1 = Sicherung 100 mA (230 V) oder 200 mA (115 V) für Leistungen bis 18 W, darüber 200 mA oder 400 mA  
F2, F3 = Sicherung (Wert siehe Trafo-Aufdruck)  
Sicherungshalter für F1, F2 und F3, 20  $\cdot$  5 mm, mit Abdeckkappe

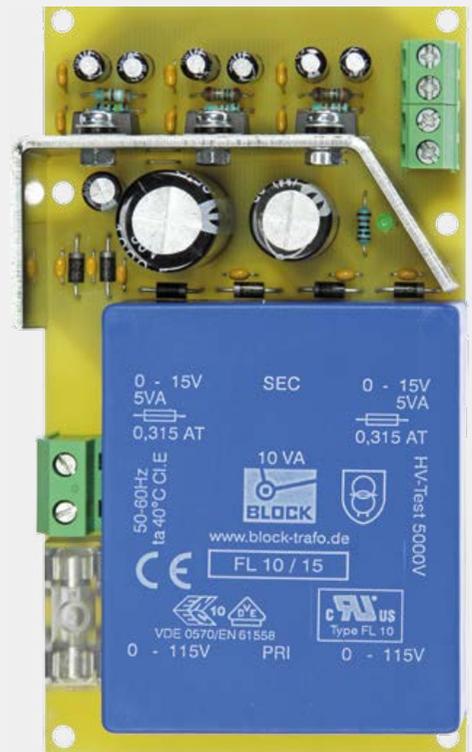
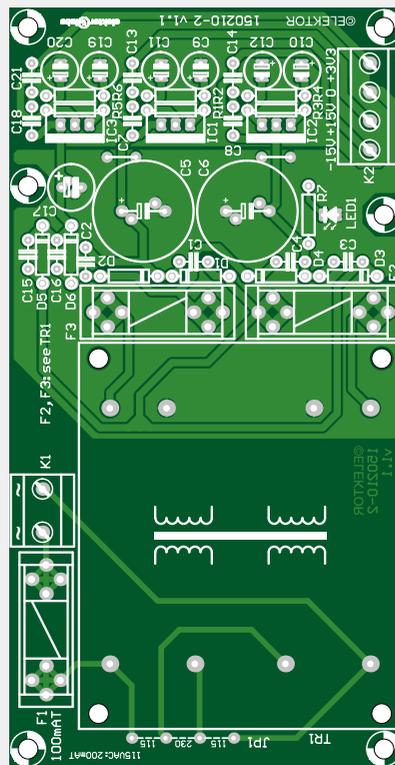


Bild 2. Der Vollständigkeit halber ist hier noch einmal das Platinenlayout wiedergegeben.

JP1 = Drahtbrücke für Wahl der Netzspannung (eine für 230 V, zwei für 115 V)

Platine 150210-2

tor  $\sqrt{2}$  multipliziert wird. Der resultierende Wert ist nach oben aufzurunden.

### Elkos und Dioden

In jedem Spannungsweig richten zwei Dioden die Trafo-Ausgangsspannung gleich. Für Ausgangsströme bis 1 A genügt der Typ 1N4002 oder 1N4007, für Ströme bis 1,5 A ist die Schottky-Diode STTH2R06 die richtige Wahl. Die Kapazität der Sieb-Elkos soll 2000  $\mu\text{F}$  multipliziert mit dem Ausgangsstrom in Ampere betragen. Die Elko-Spannung muss um mindestens 5 V höher als die Spitzenspannung der gleichgerichteten Trafo-Ausgangsspannung liegen (siehe Tabelle 1).

Noch eine Anmerkung zum Wert von C17: Wegen des hohen Spannungsabfalls an Spannungsregler IC3 in der ursprünglichen Schaltung (von 20 V nach 3,3 V) ist die Kapazität von C17 hier absichtlich niedrig bemessen, so dass die Verlustleistung von IC3 vermindert wird. Bei hohem Ausgangsstrom in diesem Zweig und folglich hoher Elko-Kapazität kann es nötig sein, C17 liegend oder auch neben der Platine zu montieren. Eine Alternative besteht darin, C17 wegzulassen und C5 für die Summe der Ströme von IC1 und IC3 zu dimensionieren. Auf der Platinenunterseite wird dann eine isolierte Drahtbrücke zwischen den Plus-Anschlüssen von C5 und C17 gelegt.

### Kühlung

Auf der Platine ist Platz für eine abgewinkelte Metallplatte, auf der die Spannungsregler aufgeschraubt werden. Jeder Spannungsregler ist von der Platte isoliert zu montieren, dazu sind Isolierscheiben für die Kühlfläche und Isolierbuchsen für die Befestigungsschrauben nötig. Die Schrauben dürfen nicht zu lang sein, anderenfalls können Kurzschlüsse mit den Gehäusen der Elkos entstehen, die der Kühlplatte benachbart sind.

Die Kühlplatte, die die Fotos zeigen, reicht für ungefähr 5 W Verlustleistung aus. Bei höheren Verlustleistungen müssen die Höhe, die Breite oder beides vergrößert werden. Eine breitere Kühlplatte würde seitlich über die Platinenumrisse hinausragen. Als Faustregel gilt, dass die Kühlplattenfläche bei doppelter Verlustleistung mindestens ebenfalls das Doppelte betragen muss. Die Verlustleistung eines einzelnen Spannungsreglers lässt sich bestimmen, indem die Differenz aus mittlerer Eingangsspannung und nominaler Ausgangsspannung mit dem höchsten Ausgangsstrom multipliziert wird. Die Ergebnisse für die drei Spannungsregler werden anschließend miteinander addiert. ◀

(150553)gd

### Weblinks

- [1] [www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf)  
 [2] [www.block.eu/de\\_DE/products/393252.htm](http://www.block.eu/de_DE/products/393252.htm)

Anzeige

pico  
Technology

## PC OSZILLOSKOPE

PicoScope News

**PicoScope 6.11 jetzt released**

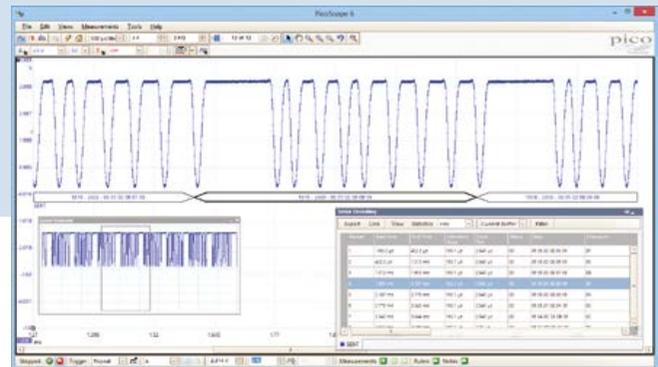
**GLEICH AKTUALISIEREN:**

[www.picotech.com/downloads](http://www.picotech.com/downloads)

PicoScope Good News

### GUTE NACHRICHTEN VON PICOSCOPE:

- **16 serielle Protokolle standardmäßig unterstützt:**
  - Automotive:** CAN, FlexRay, LIN, SENT
  - Avionics:** ARINC 429
  - Computer:** Ethernet 10Base-T, 100Base-TX, PS/2, UART (RS-232, RS-422, RS-485), USB (FS, HS)
  - Embedded-Systeme:** 1-Wire, I2C, I2S, SPI
  - Beleuchtungstechnik:** DMX512 **Hobby:** DCC
- **Touchscreen-Funktionalität**
- **Mathematische Signalform-Bearbeitungs-Tools**
- **Frequenz- und Tastverhältnis- vs. Zeit-Darstellung**
- **Erweiterte Signalform-Mathematik umfasst jetzt auch vom Anwender konfigurierbare Filter: High Pass, Low Pass, Band Pass und Band Stop**



PicoScope Best News

## ALLES KOSTENFREI

Und das Beste zum Schluss: Alle bestehenden und neuen PicoScope-Anwender können jederzeit kostenfrei auf die neuste Version upgraden. Die komplette Software kann zudem heruntergeladen und im Demo-Modus auch ohne Hardware ausprobiert werden.

[www.picotech.com/PS454](http://www.picotech.com/PS454)



# Willkommen in Ihrem **E-SHOP**

**ELEKTOR EMPFIEHLT**



## tinyTesla

Im Internet habe ich schon oft große Tesla-Generatoren in Videos bestaunt, die beeindruckend lange Blitze und Leuchterscheinungen produzierten. Der Bau eines solchen Apparats ist mühsam und sein Betrieb nicht ganz ungefährlich. Trotzdem blieb ich fasziniert. Als ich dann auf tinyTesla stieß, wollte ich diese Miniaturausführung eines Spielzeugs für große Kinder sofort haben. Der kleine Generator wird als Teile-Kit geliefert,

wobei die Sekundärspule mit 600 Windungen fix und fertig auf einen transparenten Spulenkörper gewickelt ist. Alles was man tun muss ist, einige wenige Windungen für die Primärwicklung drum herum legen. Die Platine ist blitzschnell bestückt und die mechanische Konstruktion einfach. Dann ist es fertig. Und man kann es ausprobieren. Und tatsächlich, die „Blitze“ erreichen eine Länge von gut 10 cm! Der richtige Spaß für Elektroniker.

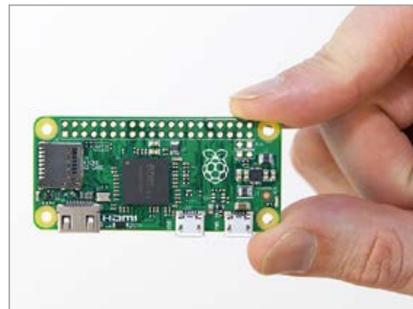
Harry Baggen, Elektor-Redaktion

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



## Elektor-Bestseller

1. Raspberry Pi Zero  
[www.elektor.de/raspberry-pi-zero](http://www.elektor.de/raspberry-pi-zero)



- 2. Offizieller 7"-Touchscreen für RPi  
[www.elektor.de/official-rpi-touch](http://www.elektor.de/official-rpi-touch)
- 3. Sensoren am Raspberry Pi 2  
[www.elektor.de/sensoren-am-rpi-2](http://www.elektor.de/sensoren-am-rpi-2)
- 4. SmartScope  
[www.elektor.de/smartscope](http://www.elektor.de/smartscope)
- 5. Raspberry Pi 2 (Mod. B)  
[www.elektor.de/rpi-2](http://www.elektor.de/rpi-2)
- 6. Red Pitaya (Diagnose-Kit)  
[www.elektor.de/red-pitaya-diagnose](http://www.elektor.de/red-pitaya-diagnose)
- 7. Apps für Elektroniker  
[www.elektor.de/apps-fuer-elektroniker](http://www.elektor.de/apps-fuer-elektroniker)
- 8. Formelsammlung  
[www.elektor.de/formelsammlung](http://www.elektor.de/formelsammlung)

## Sensoren am Raspberry Pi 2

## Internet of Things

## Platinenhalter Weller ESF-120 ESD



Dieses Buch richtet sich an jeden, der seinen Raspberry Pi 2 mit dem aktuellen Windows 10 IoT Core betreiben will. Wie das geht, zeigt der Autor mit dem Entwicklungssystem Visual Studio und Visual Basic als Programmiersprache. Als Einstieg in die Materie wird in diesem Buch auf das auch bei Elektor erhältliche 37 Module umfassende Sensor-Kit zurückgegriffen.

 Mitgliederpreis: 24,90 €

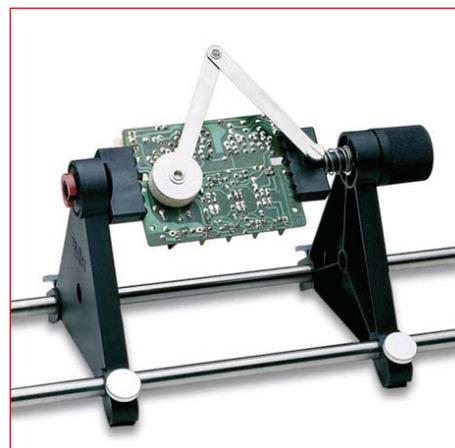
[www.elektor.de/sensoren-am-rpi-2](http://www.elektor.de/sensoren-am-rpi-2)



Das Internet of Things (Internet der Dinge) ist eine unumkehrbare Entwicklung. Wir möchten gerne alles im Haus mit unserem Smartphone oder Tablet erledigen – von Facebook bis Fernsehen, Lampen steuern oder die Heizungstemperatur einstellen. In diesem Buch stellen wir 35 interessante und nützliche Projekte vor, die demonstrieren, wie Sie selbst ein Internet-of-Things-System anlegen können.

 Mitgliederpreis: 39,80 €

[www.elektor.de/iot-buch](http://www.elektor.de/iot-buch)



Gottheiten werden vor allem in Indien gerne mit vielen Armen dargestellt. Dies soll die Fähigkeit symbolisieren, viele Dinge gleichzeitig machen zu können. Menschen haben aber nur zwei Arme bis brauchen daher etwas Hilfe, z.B. von diesem cleveren Platinenhalter von Weller. Dieser Rahmen kann in Schritten von je 15 ° um 360 ° gedreht werden. Ein angedrücktes Kissen hält die Bauteile an ihrem Platz, wenn man die Platine zum Lötten umdreht.

 Mitgliederpreis: 71,96 €

[www.elektor.de/weller-esf-120](http://www.elektor.de/weller-esf-120)



## Digitale Systeme mit FPGAs entwickeln

Vom Gatter zum Prozessor mit VHDL

Smart Car Kit für Arduino

Neuigkeiten & Angebote aus erster Hand

Elektor-Newsletter jetzt abonnieren:

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



FPGAs sind Standard-ICs, die dem Anwender die Konfiguration von Hardwarestrukturen ermöglichen. Mit FPGAs ist die Umsetzung digitaler Systeme ab Stückzahl eins machbar. Durch die Verfügbarkeit kostenloser Lizenzen und preiswerter Entwicklungsboards ist die finanzielle Einstiegsschwelle in diese Technik niedrig. Bei der Überwindung der fachlichen Schwelle hilft dieser 6-teilige Kurs.

Die ersten beiden Kursteile bieten eine Einführung in die Digitaltechnik. Der dritte Kursteil beschäftigt sich mit höheren Funktionen Digitaler Systeme sowie deren Modellierung in VHDL. Es folgen Übungen zum Umgang mit einem VHDL-Simulator und die Entwicklungsmethodik mit VHDL wird weiter verfeinert. Den Abschluss bildet am Beispiel eines einfachen Prozessors die Schritt-für-Schritt-Entwicklung eines komplexeren digitalen Systems sowie der Hardwareaufbau von FPGA-Bausteinen.



Mitgliederpreis: 49,00 €

[www.elektor.de/digitale-systeme-fpga](http://www.elektor.de/digitale-systeme-fpga)

### DS0062 LCD-Oszilloskop-Bausatz

### Apps für Elektroniker

### Pretzel Board – IoT WiFi Board



Dieses Kit ist ein einfach zu bauendes Oszilloskop. Es enthält alle benötigten Bauteile und Platinen, auf denen die SMDs bereits bestückt sind. Der Anwender muss nur noch die großen bedrahteten Bauteile platzieren und verlöten. Die gemessenen Wellenformen werden auf einem grafischen LCD mit 128 x 64 Pixeln wiedergegeben, das gemeinsam mit den Bedienelementen auf der Frontplatine sitzt.



Mitgliederpreis: 48,56 €

[www.elektor.de/062-lcd-oszi-kit](http://www.elektor.de/062-lcd-oszi-kit)



Apps für Smartphones gehören mittlerweile vollkommen selbstverständlich zum Alltag und sind in täglich wachsender Zahl in den entsprechenden Stores kostenlos oder für wenig Geld zu haben. Dieses Buch veranschaulicht anhand verschiedener Beispiele, wie man eigene Apps programmieren kann, um damit gekaufte oder selbst gebaute Elektronik auf unterschiedlichen Wegen anzusprechen.



Mitgliederpreis: 34,80 €

[www.elektor.de/apps-fuer-elektroniker](http://www.elektor.de/apps-fuer-elektroniker)



Das IoT WiFi Board ist ein einfach zu bedienendes und frei programmierbares Entwicklungsboard für das Internet of Things. Über einfache AT-Kommandos können Sie z.B. einen Webserver starten, das Modul als Access Point einstellen oder die Verbindung zu Ihrem Heimnetzwerk aufbauen.



Mitgliederpreis: 26,96 €

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



Von **Oliver Stanfield**

Letztes Jahr kaufte ich einen EggBot. Zuerst sah ich die Meldung in den News, dann schaute ich mir das Video an, und ich konnte nicht mehr aufhören zu schmunzeln. Es war zwar nicht mehr Ostern, aber Sie können mir glauben, dass sich viele Gelegenheiten aufgetan haben, bei denen sich

dieser kleine Plotter beweisen konnte. Man denke nur an Geburtstage, festliche Frühstücke, Weihnachtsbälle und und und.

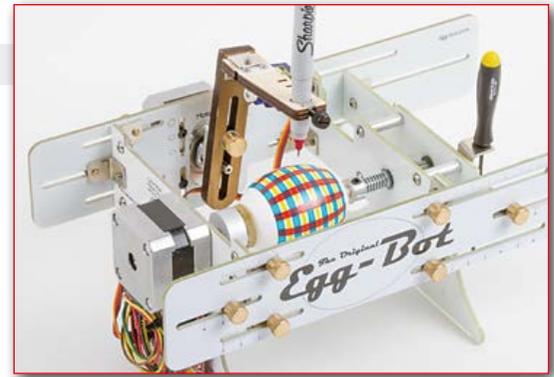
Es gibt sogar Zubehör (z. B. zum Gravieren), doch die Basis des EggBot ist einfach ein Plotter, der mit Stiften operiert (ein paar sind dabei, man kann aber viele Arten verwenden). Man nutzt EggBot zusammen mit Inkscape, um damit Vektorgrafiken auf gekrümmte Oberflächen zu drucken. Das ist ziemlich einfach, doch wenn man mehrfarbige Grafiken erstellen will, muss man die Stifte entsprechend umschalten. Das macht die Sache etwas langsam, weshalb ich meistens einfarbige Grafiken erstellt habe.

Ich hatte Inkscape schon zuvor benutzt, denn es ist Open-Source und einfach die beste Software, um irgendein beliebiges Bild in eine Vektorgrafik umzuwandeln. Ich wusste also, womit ich anfangen musste, aber so wichtig ist das wiederum auch nicht.

Das EggBot-Kit ist sehr einfach aufzubauen. Ich bin zwar ein guter Heimwerker, aber kein ausgebildeter Elektronik-Ingenieur. Doch ich fühlte mich mit dieser Aufgabe nie überfordert. Die Anleitung ist jedenfalls sehr detailliert.

Der allergrößte Nachteil an EggBot ist, dass nur einmal pro Jahr Ostern ist. Aber eines weiß ich ganz bestimmt: In diesem Jahr werde ich ein ziemlich begehrtter Vater sein ;-)

Mehr Infos finden Sie unter [www.elektor.de/eggbot](http://www.elektor.de/eggbot)



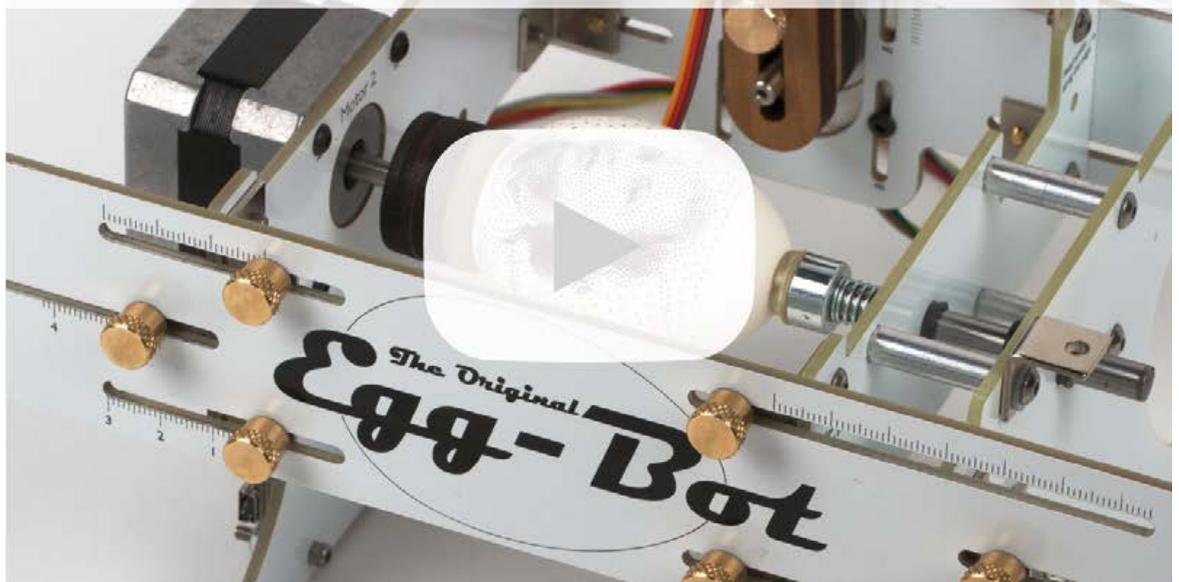
Wenn Sie uns einen ähnlichen Bericht über ein Elektor-Produkt schicken, der in Elektor veröffentlicht wird, erhalten Sie als Dankeschön einen 100-EUR-Gutscheincode, den Sie im Elektor-Shop einlösen können.

Mehr Infos gibt's unter [www.elektor.de/review](http://www.elektor.de/review)



## SEITE SCANNEN UND VIDEO ANSCHAUEN

- 1   
„Layar“-App gratis herunterladen
- 2   
Diese Seite scannen
- 3   
Interaktiven Inhalt entdecken





**NEU  
im  
Elektor Shop**

Mit diesem Erweiterungsboard verwandelt sich Red Pitaya in ein Messgerät zur Impedanzanalyse bzw. in ein LCR-Meter, ohne dass man kompliziert einen Shunt-Widerstand einschleifen müsste. Das Board wählt nämlich automatisch den richtigen Shunt-Wert aus einem Array verfügbarer Widerstände, um eine möglichst genaue Messung zu gewährleisten.

Die Datenverbindung zum Erweiterungsboard läuft über ein I<sup>2</sup>C-Interface. Dank der Relais in der Mitte der Platine ist zudem auch für eine galvanische Isolierung gesorgt.

Digitale Systeme mit FPGAs entwickeln

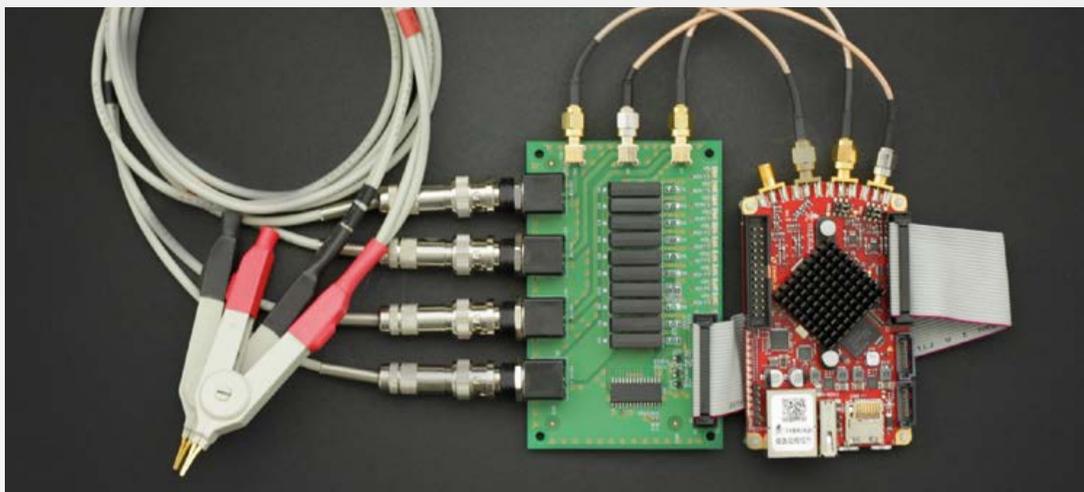
Vom Gatter zum Prozessor mit VHDL

**Impedanzanalysator für Red Pitaya**

Elektor-Shop

Das gesamte Elektor-Sortiment finden Sie auf

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



**Mitgliederpreis: 323,10 €**

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

**Formelsammlung**

**Trans Röhrenverstärker**

**Platino v1.4**



Dieses Buch ist ein Nachschlagewerk mit praxisorientierten Fakten – kein Lehrbuch mit ausführlichen Erklärungen. Der Autor hat auch für komplexe Vorgänge praktische kurze Erklärungen, Näherungsformeln und Rechenbeispiele entwickelt, ohne die Darstellungen zu simplifizieren. Die logische Gliederung in zehn Kapitel vereinfacht das Nachschlagen und Aufsuchen der gewünschten Themen.

Mitgliederpreis: 29,80 €

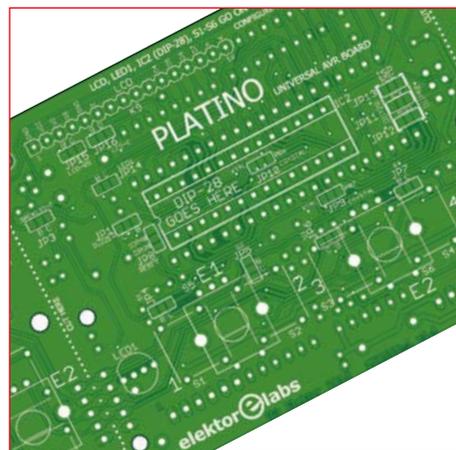
[www.elektor.de/formelsammlung](http://www.elektor.de/formelsammlung)



Ist es möglich, Fehler in Röhren und Ausgangstrafos spürbar zu kompensieren? Im vorigen Jahrhundert wurden sehr viele Maßnahmen zum Erreichen dieses Ziels entwickelt. Eine dieser Methoden ist in Vergessenheit geraten: Transkonduktanz, was soviel bedeutet wie „Umsetzung von Strom in Spannung“ und umgekehrt. Autor Menno van der Veen hat diese Methode wieder zum Leben erweckt und gab ihr den Arbeitstitel „Trans“.

Mitgliederpreis: 29,80 €

[www.elektor.de/trans-roehren](http://www.elektor.de/trans-roehren)



Platino ist das universelle, Arduino-kompatible AVR-Board für 28- und 40-polige ATmega-Controller von Elektor. Das Platinenlayout wurde unter die Lupe genommen und eine verbesserte Version 1.4 erstellt. Im Vergleich zum Vorgängermodell bietet die neue Version etliche Verbesserungen. Neben dem 5-V-Spannungsregler findet sich nun auch ein 3,3-V-Regler an Board, zusätzlich ist der zweite UART der 40-poligen AVR-Controller bequem erreichbar.

Mitgliederpreis: 13,50 €

[www.elektor.de/150555-1](http://www.elektor.de/150555-1)

# Willkommen bei **SHARE**

Von **Thijs Beckers** (Elektor NL)



**„James Bond würde neidisch sein“**



Vom Thermometer mit Nixieröhren zum Gitarrenverstärker, der über MIDI von einem Raspberry Pi 2 gesteuert wird, Projekte, über die auf unserer Elektor-Labs-Webseite zu lesen ist, bis zur Vorstellung des neuen Arduino/Genuino 101: Der neue Share-Abschnitt steckt wieder voller interessanter Überraschungen.

Selbstverständlich finden Sie darin auch wieder unsere feste Rubrik Retronik, die diesmal ein Nagra SN behandelt, ein der damaligen Zeit weit vorseilendes, sehr kompaktes Spulentonbandgerät aus den Spionagezwecke entwickelt ein großes Publikum verfügbar

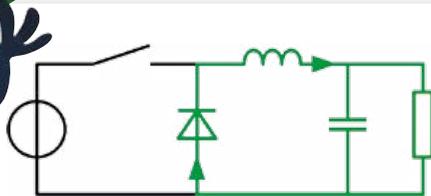
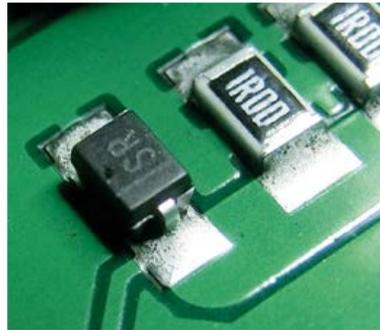
neuren bei Kinoproduktionen genutzt wurde.

Neugierig schauen wir auf die neue Ausgabe des Arduino/Genuino, den „101“. Der 101 wurde schon auf der Maker Faire Rome 2015 (16-18. Oktober) angekündigt, nun ist es endlich soweit: Wir haben dem neuen Modell im Labor auf den Zahn gefühlt. Ist dies tatsächlich ein würdiger Nachfolger des sehr populären Arduino Uno, wie Arduino selber meint? Lesen Sie über unsere ersten Erfahrungen!

In der letzten Ausgabe haben wir über Probleme mit dem bockigen Buck-Konverter, der in unserem neuen Schaltnetzteil eingesetzt werden soll, berichtet und Sie zur Hilfe gerufen. Es gab keinen Mangel an Reaktionen, wir möchten allen Einsendern einen herzlichen Dank aussprechen. Wir haben die interessantesten Beiträge zusammengefasst und kommentiert.

Und noch etwas, dass Sie absolut nicht verpassen dürfen: der Artikel über das Löten von SMDs. Ich kann jedem, ja, tatsächlich jedem, sei er neun

oder 99 Jahre alt, nur raten, zum LötKolben zu greifen und ohne Angst mit dem Löten von SMDs zu beginnen. Mit den von Harry sorgfältig ausgewählten Videoanleitungen wird es bestimmt glücken! ◀



(150677)

# Arduino/Genuino 101

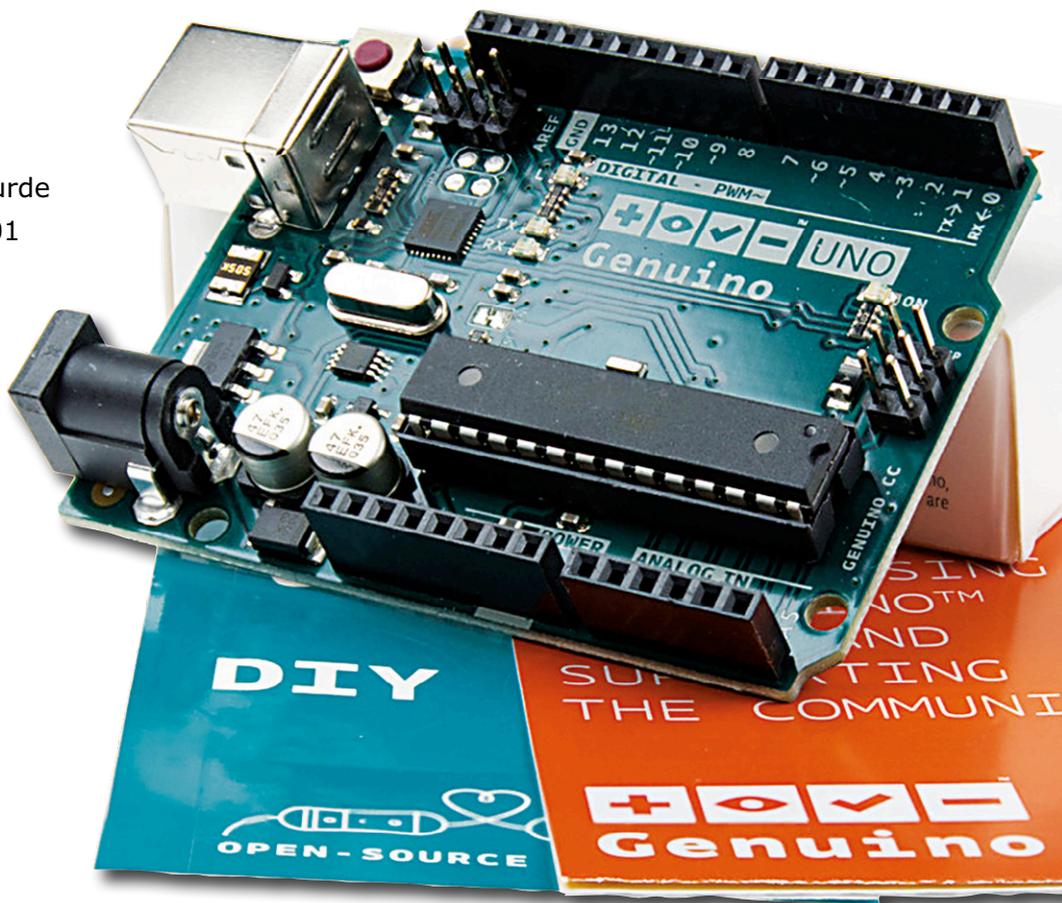
## Totgesagte leben länger

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

Auf der Maker Faire 2015 in Rom wurde das neue Board Arduino/Genuino 101 angekündigt, das auf Intels Hardware-Plattform Curie basiert. Jetzt ist es lieferbar. Eines dieser Boards landete auf meinem Tisch und weil es schon mal da war, habe ich es auch ausprobiert.

*Hinweis: Diese Besprechung wurde mit einem PC durchgeführt, auf dem Windows 7 Family Edition mit SP1 installiert war.*

Genuino 101 jetzt auch im Elektor-Shop:  
[www.elektor.de/genuino-101-powered-by-intel](http://www.elektor.de/genuino-101-powered-by-intel)



Arduino/Genuino 101 wurde von *arduino.cc* entwickelt. Außerhalb der USA nennt sich das Board *Genuino 101* – in den USA wird es aber als *Arduino 101* vertrieben. Diese merkwürdige Namenslogik wird noch verwirrender, wenn man noch eine andere Variante berücksichtigt, die unter „*Arduino Industrial 101*“ läuft und die weltweit von *arduino.org* vertrieben wird. Um die Verwirrung zu begrenzen, spreche ich fortan nur von Genuino 101. Laut *arduino.cc* symbolisiert die Zahl 101, dass es sich um einen Nachfolger des Arduino Uno handelt. Dies erstaunt sehr, da sich die Boards um Lichtjahre unterscheiden. Zunächst wurde das Modell Uno von einer kleinen Gruppe ohne finanzielle Interessen entwickelt. Der Typ 101 hingegen stammt von der *New Devices Group* des multinational agierenden Branchenführers *Intel*. Während Uno auf einem (zugegebenermaßen leistungsfähigen) 8-bit-Mikrocontroller basiert, kann der 101 mit einem SoC aufwarten, das über zwei 32-bit-Cores verfügt, eben Intels

*Curie*. Interessant daran ist, dass einer der beiden Cores echte x86-Technik mit sich bringt. Praktisch ist das Modell 101 eher ein PC als ein einfaches Mikrocontroller-Board wie Arduino Uno. Hinzu kommt, dass ein 101 über mehr als zehn Mal so viel Speicher wie ein Uno verfügt. Ein weiterer Unterschied: Ein Uno ist eigentlich eine Art Break-out-Board für einen ATmega328 (mit extra USB/Seriell-Wandler), während auf einem 101-Board zusätzliche Peripherie wie etwa ein 6-Achsen-Accelerometer/Gyroskop oder ein BLE-Modul (Bluetooth Low Energy) steckt. Beim Uno hat man vollen Zugriff auf die MCU, doch beim 101 gibt es (noch) keinen direkten Zugang zum SoC. Und auch wenn es sich beim 101 um echte Open-Source-Hardware handelt, dürften nur wenige Anwender in der Lage sein, sich selbst so ein Board zu bauen. Während dieser Artikel entstand, konnte man auf den Download-Link „*Eagle Files in .ZIP*“ unter [1] klicken und erhielt dann eine BRD-Datei, die allerdings zu Allegro

von *Cadence* passt statt zu *Eagle* (mit dem *Allegro Free Physical Viewer 16.6* kann man sie öffnen). Da dies aufgefallen ist, heißt der Link jetzt „*CAD FILES IN .ZIP*“. Die Schaltung ist als PDF-Datei erhältlich.

Schließlich ist ein 101 nicht zu 100 % Uno-kompatibel. Es gibt statt sechs nur vier PWM-Ausgänge, und betrieben wird es mit 3,3 V. Level-Shifter machen die I/O-Pins dann 5-V-kompatibel. Die Analogeingänge gehen auch durch Level-Shifter.

In der IDE allerdings wird man bislang keine großen Unterschiede sehen. Man benötigt die IDE Version 1.6.7 oder neuer von *arduino.cc* [2] (nicht 1.7.x von *arduino.org*). Andernfalls kann man den Compiler und andere Tools für Sketches weder downloaden noch installieren. Man erledigt dies im Board-Manager via *Files* → *Board* und scrollt dann durch die Liste (oder nutzt die Suche) bis zum Eintrag „*Intel Curie Boards*“. Nach einem

Klick darauf erscheint ein Install-Button (**Bild 1**). Jetzt werden rund 250 MB heruntergeladen und dann ist alles für Sketche bereit. Wer neugierig ist: Das Board-Paket steckt in

`<your user path>\AppData\Local\Arduino15\packages\Intel\`

Jetzt wählt man in der IDE das Board und die vom Treiber erzeugte serielle Schnittstelle. Dann kann man das Beispiel „Blinky“ öffnen, auf *upload* klicken und beobachten, wie die (kleine) LED blinkt - genau wie beim Uno. Wer die ausführlichen Meldungen für Kompilierung und Upload aktiviert, sieht Unterschiede. Schon ein leerer Sketch erzeugt fast 30 KB, was 15 % des verfügbaren Programmspeichers ausmacht. Beim Uno schlucken die 450 Byte gerade mal 1 %. Auch die Programmierung ist unterschiedlich, mit echtem Fortschrittsbalken und sehr ausführlich.

Wenn ein 101-Board ausgewählt ist, erscheinen neue Beispiele speziell für Curie unter *File* → *Examples*. Auf der Seite [arduino.cc](http://arduino.cc) wird das Beispiel *CurieBLEHeartRateMonitor* erwähnt [3], doch war es bei mir nicht verfügbar. Stattdessen kopiert man einfach den Code aus dem Tutorial und kann es ausprobieren. Es funktioniert gut, ist aber eher eine Art Oszilloskop als ein Herzmonitor. Damit dieses Beispiel läuft, muss man die *nRF Toolbox* von Nordic auf ein Android- oder iOS-Mobilgerät installieren. Das ist zwar eine schöne BLE-App, aber eigentlich hätte beim Genuino 101 eine maßgeschneiderte Intel-

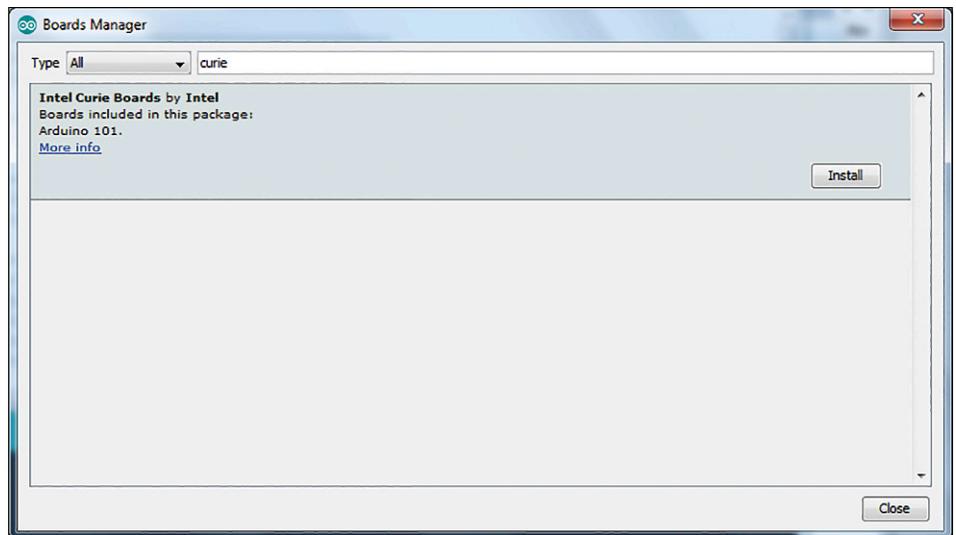


Bild 1. Mit dem Board-Manager installiert man die Treiber für Genuino 101. Klickt man in der Liste auf das Board, erscheint ein Install-Button.

oder Arduino-App erwartet.

Ein weiteres Beispiel ist *RawImuDataSerial* via *File* → *Examples* → *CurieImu* → *RawImuDataSerial*. Leider spuckt dieser Sketch die Daten schneller aus, als ein Mensch sie lesen könnte. Doch seit IDE 1.6.7 gibt es das Tool *Serial Plotter* (im Tools-Menü) - warum nicht das nutzen? Dazu braucht es eine kleine Änderung in der Funktionsschleife: Man kommentiere die Zeile `Serial.print(„a/g:\t“);` aus (Zeile 124 im Code). Das geht so:

```
// Serial.print(„a/g:\t“);
```

Nun kompiliert man und lädt den Sketch erneut hoch. Nach einigen Sekunden kann man den Serial Plotter öffnen. Geöffnet

erscheinen nach einigen weiteren Sekunden die Daten. Nun kann man das Board schütteln und drehen und die Änderungen beobachten (**Bild 2**).

Nach dem Sketch-Start wird zunächst kalibriert. Dazu muss das Board ein paar Sekunden flach und ruhig liegen. Möglicherweise stört hier das USB-Kabel. Also stellt man solange einen passenden Gegenstand wie eine Kaffeetasse drunter. Aber vor dem Schütteln die Tasse entfernen...

Auf der Seite [arduino.cc](http://arduino.cc) gibt es ein weiteres IMU-Beispiel. Der *CurieIMU Orientation Visualiser* mit *Processing* [4]. Das Tutorial empfiehlt die Installation der Madgwick-Library per Library-Manager.

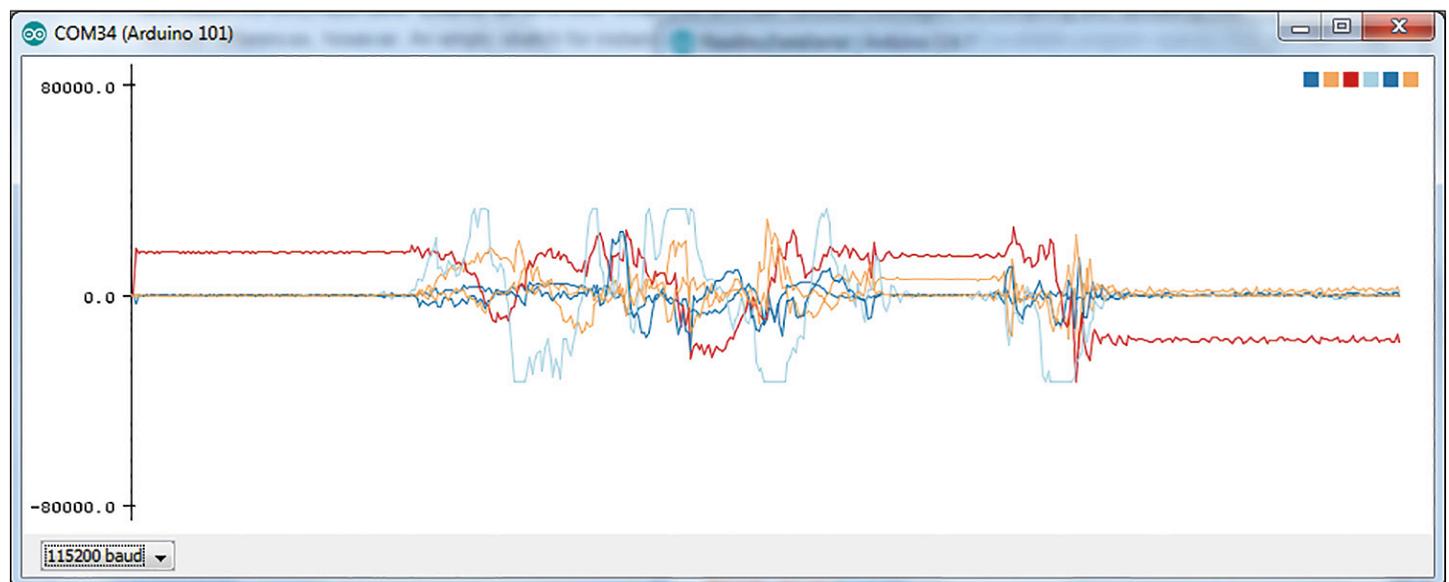


Bild 2. Der neue Serial Plotter zeigt die Board-Bewegungen in Echtzeit.

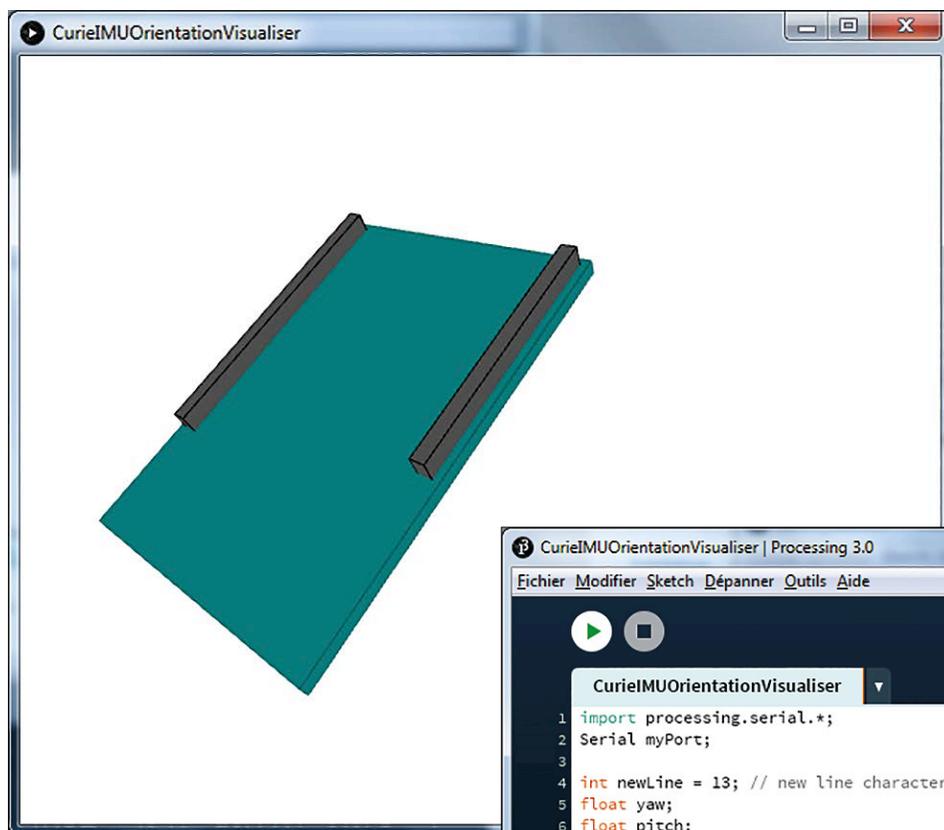


Bild 3. Eine grobe 3D-Ansicht von Genuino 101 in Processing. Die Einstellung der seriellen Schnittstelle war nicht so einfach wie der Kommentar im Code vorgab.

nager via *Sketch* → *Include Libraries* → *Manage Libraries...* – leider konnte ich sie da nicht finden. Aber auf GitHub [5] war sie verfügbar und so nutzte ich die Option *Sketch* → *Include Libraries* → *Add .ZIP Library*. Ich kopierte den Arduino-Code in die Arduino-IDE – der Processing-Code ging in die Processing-IDE – und *Tataaah!* – nichts geschah ☹.

Es gab nur die Fehlermeldung: Method „glClearDepthf“ not available. Google schlug vor, dass ich nicht die aktuelle Processing-Version 3.0.1 vom 23.10.2015, sondern eine ältere Version installieren sollte (möglicherweise ist das Problem mittlerweile gefixt).

Processing 3.0 vom 30.9.2015 löste das Problem mit *glClearDepthf* tatsächlich, aber führte zu einer *array-index-out-of-bounds-exception* bez. meiner Zahl an COM-Ports – es waren 34. Dies bekämpfte ich durch erzwungene Reduktion auf 2 unter Windows. Nach Trennung und erneutem Anschluss des 101 zeigte sich die Arduino-IDE mit COM2 zufrieden und auch Processing war glücklich. Doch es funktionierte immer noch nicht. Mit dem

```

1 import processing.serial.*;
2 Serial myPort;
3
4 int newLine = 13; // new line character in ASCII
5 float yaw;
6 float pitch;
7 float roll;
8 String message;
9 String [] ypr = new String [3];
10
11 void setup()
12 {
13   size(600, 500, P3D);
14
15   /*Set my serial port to same as Arduino, baud rate 9600*/
16   myPort = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600);
17   textSize(16); // set text size
18   textMode(SHAPE); // set text mode to shape
19 }

```

Console Output:

```

-0.8    -0.32   0.86
-0.8    -0.32   0.86
-0.8    -0.32   0.86

```

*Arduino Serial Monitor* erhielt ich Daten vom 101, als ich ihm das Zeichen „s“ schickte. Aber Processing erhielt nur Nullen. Etwas Debugging enthüllte, dass das Setzen der COM-Port-Anzahl im Processing-Sketch etwas komplexer ist, als das Tutorial meint. Ich empfehle auf jeden Fall zuerst das Beispiel *serial port number* [6] auszuführen. Demnach hatte ich die Zahl auf 0 gesetzt, dem **Index** von COM2 in der Liste auf meinem Computer. Jetzt bekam ich es zum Laufen. Drehen des Boards drehte auch das Bild des Boards in Processing. Das war cool. Das Bild ist zwar nicht perfekt, doch genügt es für eine Vorstellung (**Bild 3**).

Das war mein Experimentiertag mit Genu-

ino 101. Nach meinem Dafürhalten ist Genuino 101 – zumindest solange Curie RTOS noch nicht veröffentlicht ist, was im März 2016 erwartet wird – ein nettes Arduino-kompatibles Board mit Bluetooth 4.0 und einem 6-Achsen-IMU-Sensor. Es ist nicht zu 100 % kompatibel und kostet etwas mehr, aber es bietet auch mehr. Sketche kann man so einfach wie beim Uno programmieren, aber bisher ohne direkten Zugriff auf die Hardware. Bleibt zu hoffen, dass sich die echte Leistungsfähigkeit dieses Boards noch zeigt.

(150728)

## Weblinks

- [1] [www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoard101](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoard101)
- [2] [www.arduino.cc/en/Main/Software](http://www.arduino.cc/en/Main/Software)
- [3] [www.arduino.cc/en/Tutorial/Genuino101CurieBLEHeartRateMonitor](http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Genuino101CurieBLEHeartRateMonitor)
- [4] [www.processing.org](http://www.processing.org)
- [5] [www.github.com/arduino-libraries/MadgwickAHRS](https://github.com/arduino-libraries/MadgwickAHRS)
- [6] [www.processing.org/reference/libraries/serial/Serial\\_list\\_.html](http://www.processing.org/reference/libraries/serial/Serial_list_.html)

## Platino-Transistortester

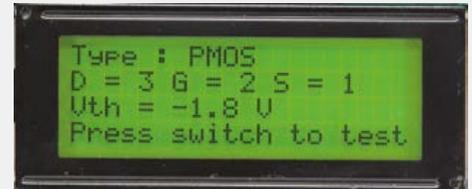
Elektor 03/2015, S. 60 (130544)

In den Quelltext des Platino-Transistortesters hat sich ein Fehler eingeschlichen.

In Zeile 178 muss es heißen:

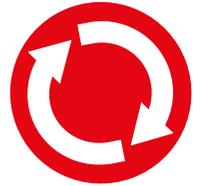
```
If Ischarwaiting = 1 Then...
```

Der Softwaredownload unter [www.elektormagazine.de/130544](http://www.elektormagazine.de/130544) wurde korrigiert.



# Projekt 2.0

## Korrekturen, Updates, Leserbriefe



## DDS-Funktionsgenerator

Elektor 11/2015, S. 42 (150210)

Im Schaltplan ist C6 mit 1000  $\mu$ F, 50 V vermerkt. Für Elko C6 sind jedoch 470  $\mu$ F, 50 V ausreichend, wie in der Stückliste angegeben.

## LED-Matrix-Player

Elektor 01/2016, S. 69 (150510)

Im Schaltplan des LED-Matrix-Players ist IC5 mit 74LVC1G74 bezeichnet - richtig ist aber 74LVC1G97.



## LCR-Meter 2013

Elektor 03/2013, S. 14 (110758)

Ein Update für das LCR-Meter-Projekt wurde im englischen Forum unter <http://forum.elektor.com/viewtopic.php?f=2698573&t=2716100> gepostet. Es gibt eine neue Firmware Version 3.1.0, die es erlaubt, dass alle Einstellungen im Stand-Alone-Modus vorgenommen werden. Nur ein Firmware-Update erfordert einen Anschluss an den PC. Außerdem wurden die Menüs erweitert. Um in die erweiterten Menüs zu gelangen, drücken Sie die Tasten Freq- und Freq+ gleichzeitig vor dem Start.

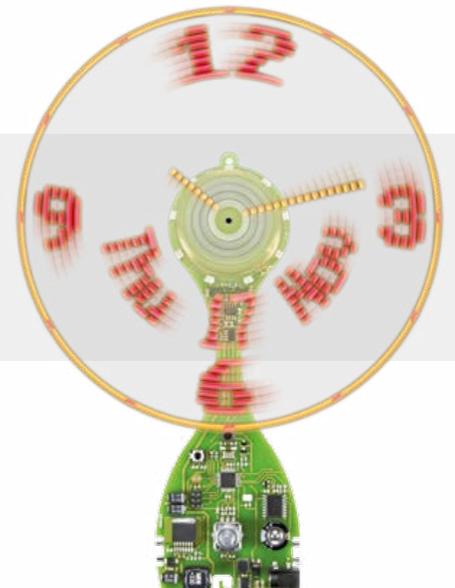
Der Autor bittet im Forum um Ihre Kommentare.

## Propelleruhr

Elektor 12/2013, S. 12 (120732)

Der Autor der Propelleruhr, David Ardouin, hat die Software weiterentwickelt und auch ein neues Gehäuse für seine Uhr entworfen.

Das Software-Update wie auch Unterlagen zum Gehäuse stehen zum Download auf der Projektseite unter [www.elektormagazine.de/120732](http://www.elektormagazine.de/120732) bereit.





## Batterie-Röhren Projekt 2.0

Elektor 10/2015, S. 17 (150366)

Elektor 12/2015, S. 79 (150488)

Einige Anmerkungen zur Zuschrift von Herrn Ruprechtsberger: Es ist zu unterscheiden zwischen Batterie- und Niederspannungsröhren. Erstere wurden vollständig, d.h. sowohl Anodenstrom- als auch Heizungsversorgung, aus Batterien gespeist und waren für mobile Geräte bestimmt. Letztere wurden, wie Herr Ruprechtsberger korrekt ausführt, für die Verwendung in Autosupern mit direkter Speisung aus dem Kfz-Bordnetz entwickelt. Wegen des hohen Heizleistungsbedarfs, der sich von herkömmlichen Röhren nicht unterscheidet (z.B. 6,3 V/0,3 A für die EF 98), sind sie zur dauerhaften Speisung aus einer Batterie ungeeignet. Diese würde zu groß und schwer ausfallen.

Näheres hierzu z.B. in VALVO Berichte Heft V Band 2, S. 35ff., Hamburg 1959.

*Uwe Menrath*



## Morsekonverter Shield

Elektor 01-02/2016, S. 52 (140086)

Ein akustischer Morsedecoder lässt sich auch einfacher realisieren als in dem Artikel Morsekonverter-Shield beschrieben. Vor einigen Jahren habe ich mit einem ATmega16 und sehr wenig äußerer Beschaltung einen Decoder mit folgenden Eigenschaften gebaut: Direkter Anschluss eines Elektretmikrofons (dank Vorverstärker in ATmega16), Morsedekodierung des 1000-Hz-Signals, billiges LCD, Spektrumanalysator von 300 Hz bis 1800 Hz in 100-Hz-Schritten mit Balkenanzeige auf dem LCD, geringer Stromverbrauch. Mehr darüber unter [www.acs.uni-duesseldorf.de/~aurich/ham/Morsedec/index.html](http://www.acs.uni-duesseldorf.de/~aurich/ham/Morsedec/index.html).

*Volker Aurich*



## Es werde LED!

Elektor 01-02/2016, S. 10 (150577)

Zu dem Textkasten „Achtung LED-Lampen“ möchte ich anmerken, dass ein weiteres Kriterium die Ausstrahlung von Störungen aus dem Transverter ist. Zuhause habe ich fünf Stück 12-V-Led-Lampen 3 W, bei deren Betrieb in 4 m Entfernung kein UKW-Empfang mehr möglich ist, es ist eine einzige Rauschglöcke. Zunächst dachte ich hier an einen schlecht entstörten elektronischen Trafo und ersetzte ihn durch einen Ringkerntrafo mit Gleichrichtung und 7812, aber die Ursache liegt in dem Aufwärtswandler innerhalb der LED-Strahler.

Bei anderen LED-Lampen ist kein KW-Empfang mehr möglich (ich bin Funkamateurl, Rufzeichen DM4ST). Verschiedentlich hat die Bundesnetzagentur solche Lampen schon aus dem Verkehr gezogen. Da ist ja die Variante mit Vorschaltkondensator noch die Allerbeste, so dass fast aus dem schwarzen Schaf ein weißes wird, da es keinerlei Störungen gibt.

*Thomas Stelzner*



## Magnetfeld-Simulation mit FEMM

Elektor 12/2015, S. 20 (130565)

Ich habe vor einigen Jahren ebenfalls ein Skript zur Berechnung von Luftspulen geschrieben. Das Skript kann hier heruntergeladen werden:

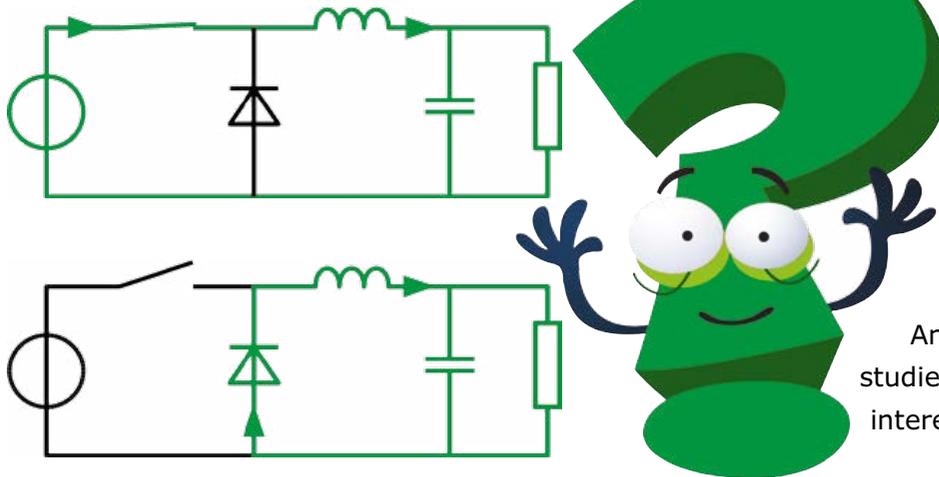
[http://staff.itam.lu/feljc/electronics/femm/FEMM\\_Inductance\\_Interactive4.lua](http://staff.itam.lu/feljc/electronics/femm/FEMM_Inductance_Interactive4.lua) ◀

*Jean-Claude Feltes*



# Bockige Buck-Konverter gezähmt ... oder doch nicht?

Von **Thijs Beckers** (Niederländische Redaktion)



In der vorigen Ausgabe haben wir Sie bei der Entwicklung eines Schaltnetzteils zur Hilfe gerufen. Es kam eine Vielzahl von Antworten, die wir natürlich genau studiert haben. Lesen Sie mit uns die interessantesten Anmerkungen.

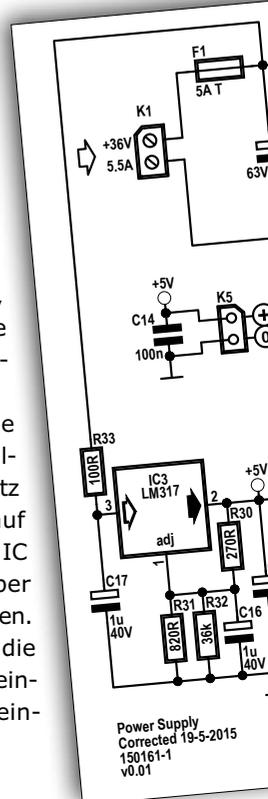
Die Schaltung, um die es hier geht, basiert auf einem LM2677T-ADJ von TI. Das Bild zeigt die ursprüngliche, nicht die endgültige Schaltung, die Sie aber auf der Elektor-Labs-Seite finden können. Ziel ist ein Labornetzteil mit regelbarer Ausgangsspannung von 0...30 V und einem Strom von mindestens 3 A über den gesamten Regelbereich. Das funktionierte auch mit dem IC, das laut Datenblatt 5 A liefern sollte und dies in ersten Praxistests auch tat. Doch wenn an der Schaltung eine impulsförmige Last angeschlossen war, kamen wir zu unserer großen Enttäuschung nicht über einen Strom von ungefähr 3 A hinaus. An diesem Punkt entschlossen wir uns zu unserem Hilferuf in der Zeitschrift. Inzwischen sind wir weitergekommen und haben eine große Zahl von Reaktionen empfangen, mit einigen interessanten Ansätzen und Vorschlägen.

*F. Vau* schlägt vor, eine kräftige Freilaufdiode am Ausgang anzuschließen. Das ist bestimmt keine schlechte Idee! Allerdings hilft sie bei den Instabilitäten nichts, sondern fungiert als Sicherheitsmaßnahme und hat im Regelbetrieb keine Funktion. Der Vorschlag von *A. Broussal*, zwischen Pin 5 von IC2B und Masse einen Kondensator von einigen  $\mu\text{F}$  zu schalten, führt dazu, dass die Regelschleife nicht mehr funktioniert. Für die HF-Filtrierung ist in unserer Schaltung C4 zuständig. Auf die Anmerkungen zu den niedrigen Werten von C11 und C12 hin haben wir höhere Werte eingesetzt, doch dies führte dazu, dass die gesamte Regelung instabil wurde. Eine Simulation mit der WEBENCH-Software von TI sagte ein ähnliches Verhalten voraus.

Den vernünftigen Vorschlag von *M. Schreiber*, eine lokale Rückkopplung in Form eines Widerstands zwischen Pin 1 von IC2A und Pin 12 von IC2D und einem Kondensator zwischen dem Drain-Anschluss von T2 und Pin 12 von IC2D zu schaffen, um das Verhalten der Rückkopplung zu verbessern, haben wir uns zu Herzen genommen. Dadurch kann C8 entfallen. Zu seiner Anmerkung zur „Überdimensionierung“ von T2 sei hier gesagt,

dass es an dieser Stelle auf einen so niedrig wie möglichen  $R_{\text{DS,ON}}$  ankommt, um die Ausgangsspannung bei Strombegrenzung so niedrig wie möglich zu halten. Bei einem BS170 beträgt der On-Widerstand weniger als  $2 \Omega$  bei einer  $U_{\text{GS}}$  von 4 V. Von *W. Dijkman* empfangen wir den Vorschlag, eine Dämpfungsschaltung parallel zum Ausgang aufzunehmen: zwei kräftige antiparallel geschaltete Dioden mit einem Widerstand und einem Kondensator in Reihe. Über die Regelung im LM2677T ist uns aber wenig bekannt, deshalb können wir nur schwer sagen, was dann passieren würde. Wir haben die Idee nicht in der Praxis getestet, aber es ist ein wenig Kaffeesatzleserei, ob sich die Schaltung dann anständig verhalten würde. Zu Recht meinte Herr Dijkman, dass das minimale Tastverhältnis für niedrige Spannungen ziemlich klein sein muss. So ist der Duty-Cycle für eine Ausgangsspannung von 2 V und einem Strom von 100 mA so klein, dass der Impuls nur 40 ns dauert. Es ist uns schon aufgefallen, dass bei sehr niedrigen Spannungen und Strömen das Tastverhältnis tatsächlich „instabil“, die Impulsbreite nicht konstant ist. Auf die Ausgangsspannung hatte dies aber keine Auswirkungen, die war stets in Ordnung.

*A. de Beun* bemerkte, dass wir nirgends die Regelschleife besprechen, da die Pole und Nullstellen der Rückkopplung auf dem richtigen Platz liegen müssen. Damit trifft er den Nagel auf den Kopf. Doch da wir nicht wissen, was im IC passiert und sich auch das Datenblatt darüber ausschweigt, können wir dazu leider nichts sagen. Wir haben während unserer Tests probiert, die ganze Regelschleife wegzulassen und einen einfachen Spannungsteiler als Rückkopplung ein-



Power Supply  
Corrected 19-5-2015  
150161-1  
v0.01

gesetzt, aber die Resultate waren gleichermaßen schlecht. B. Bakker konnte uns berichten, dass er mit Hilfe eines Field-Application-Ingenieurs von LT einen kleinen Blick auf die inneren Werte eines von ihm verwendeten Buck-Reglers werfen konnte, wodurch er die Rückkopplung in seiner Schaltung erfolgreich anpasste. Darauf sind wir wirklich neugierig! A.C. Vogel ist der Meinung, dass die Eckfrequenz von R3/C5 zu niedrig ist ( $20k/2n2 = 3,7 \text{ kHz}$ ). Es hat aber keinen Sinn, diese Eckfrequenz höher zu legen, liegt doch die Resonanzfrequenz von L1/C10,11,12 auf 3,4 kHz. Die Werte von C5 und R10 haben wir empirisch festgestellt. Übrigens hat C5 durch die kleine Verstärkungsänderung des Feedbacks von +2 nach +1 ziemlich geringen Einfluss. Herr Vogel fragt sich auch, ob die Kapazität von 220  $\mu\text{F}$  am Eingang wohl ausreichend ist. Abgesehen davon, dass wir sowieso von einer stabilen Gleichspannungsversorgung ausgehen, ist dieser Kondensator lediglich für die HF-Entkopplung der Gleichspannungsquelle zuständig, so dass wir uns von einer Vergrößerung nichts versprechen. Wegen seines relativ hohen ESR haben wir diesem Kondensator einen zweiten zur Seite gestellt, so dass sich der ESR halbiert. Aber wie gesagt, an den Instabilitäten ändert das nichts. Auch P. Weiske verdächtigte die Rückkopplungsschleife und meinte, dass am Ausgang von IC2 wohl ein Rechteck anliegen würde, das wegen der Phasendrehung nicht für den Feedback-Eingang von IC1 geeignet wäre. Unserer Meinung nach spielt das keine Rolle, da mit R15, R16 und C6 die Eckfrequenz bei 41 Hz liegt. Die Spannung an IC2 sieht dann auch deutlich mehr nach Gleich- als nach Rechteckspannung aus. Für seinen Rat, L1 für einen maximalen Unterschied zwischen Ein- und Ausgangsspannung (also für die niedrigstmögliche Ausgangsspannung) zu dimensionieren, haben wir Verständnis, aber wir meinen, dass auch dann der Wert von L1 nur ein Kompromiss ist, denn er kann nicht für alle Situationen optimiert werden. Die WEBENCH-Simulationen berechnen bei verschiedenen Ausgangsstrom/Spannungs-

kombinationen einen Wert von 5,6...33  $\mu\text{H}$ .

H. Weiß hat selber ein Netzteil mit dem LM2678 entworfen, nahezu identisch mit dem LM2677, und ist auf keinerlei Probleme gestoßen. Er schickte uns drei Tipps:

- 1. Die Zeitkonstante für den Feedback-Anschluss ist zu hoch. C4 und R2 sorgen für  $T = 100 \text{ ns}$ . Dies erscheint uns eigentlich als schnell genug. 100 ns entsprechen 10 MHz.
- 2. Vielleicht hat die Hilfsspannung von 5 V Probleme mit den Impulsen auf der Versorgung und fällt zu weit ab? Vielleicht R33 ersetzen durch eine Diode und C15 und C17 vergrößern? Leider haben wir auch mit diesen Tipps das Problem nicht lösen können. R33 dient einzig der HF-Entkopplung und die Eingangsspannung für IC3 kann auf 8 V zurückfallen, ohne dass das IC Probleme bekommt. C15 und C17 wurden auf 10  $\mu\text{F}$  geändert, aber das ergab keinen Unterschied.
- 3. Vielleicht wird der On/Off-Anschluss von IC1 von Impulsen auf der Eingangsspannung aktiviert? Auch dies haben wir ausprobiert, mit einer übertrieben hohen Extrakapazität an der Eingangsspannung. Aber wie die stabilen, tadellosen Messergebnisse an der Versorgungsleitung schon vermuten ließen, brachte dies keine Vorteile.

R. Ohlin merkt an, dass eine 50%-ige Impulsbelastung bei der Resonanzfrequenz des Ausgangsfilters wirklich das absolute Worst-case-Szenario darstellt und dass bei artgleichen Schaltungen mit einer linearen Regelung Ströme bis 7,5 V zu erwarten sind.

Letzteres haben wir uns dann auch gedacht und beschlossen, die Spezifikationen den Gegebenheiten anzupassen und „nur“ 3 A ins Datenblatt geschrieben, die das Netzgerät unter allen Umständen liefern kann. Ja, es ist vielleicht eine kleine Sünde, aber bei einer „normalen“ Belastung liefert das Netzgerät locker

5 A. Die angegebenen Spezifikationen müssen natürlich ehrlich und korrekt sein.

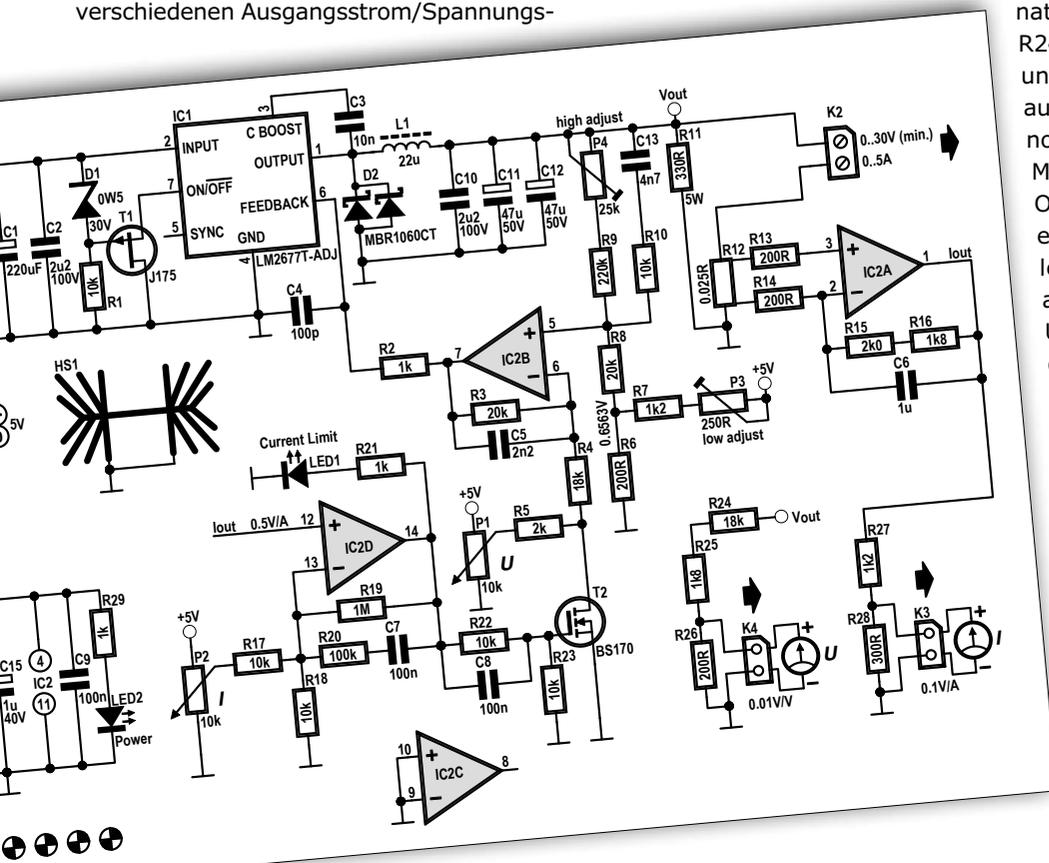
R24 und R25 im endgültigen Schaltbild (R17 und R18 in dem hier abgedruckten) müssen auf 10 k $\Omega$  geändert werden. Wir haben auch noch eine Anmerkung: Es ist vielleicht der Mühe wert, den Wert von C3 anzupassen. Obwohl die 10  $\mu\text{F}$  der Datenblattangabe entsprechen, liefert ein anderer Wert vielleicht bessere Ergebnisse. Wir haben es allerdings nicht ausprobiert.

Und was ist nun das Ergebnis aller Überlegungen? Wir sind der Meinung, dass dieses IC vielleicht gar nicht optimal in unserer Anwendung arbeiten kann, so dass wir uns mit einem maximalen Ausgangsstrom von 3 A zufrieden geben müssen. Nichtsdestotrotz haben wir ein gutes Netzgerät entworfen, für dessen Leistungen wir uns absolut nicht schämen müssen. In Kürze werden Sie hier natürlich alles über dieses Netzgerät lesen können! ◀

(150680)

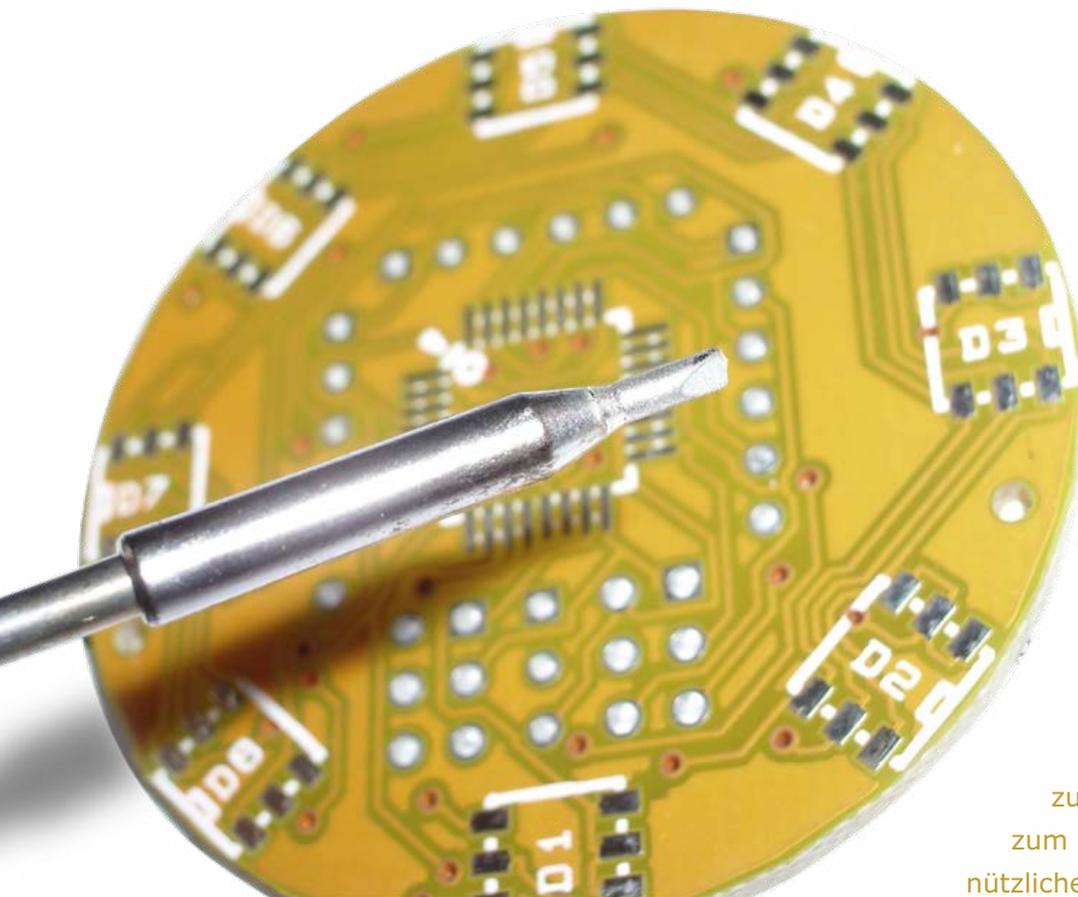
Weblinks

- [1] [www.elektor-labs.com/node/4720](http://www.elektor-labs.com/node/4720)



# Lötmontage sicher von Hand

## Kluge Kniffe für das SMD-Löten



Von **Harry Baggen** (Elektor-Labor)

Löten ist eine Kunst, vor allem wenn es um die Montage winziger SMDs geht. Im Lauf der Jahre haben wir in Elektor schon manchen Ratschlag gegeben, der darauf abzielt, diese Bauelemente ohne kostspieliges Equipment zu meistern. Das Web hält auch zum Umgang mit SMDs eine Vielzahl nützlicher Informationen bereit.

Die meisten elektronischen Bauelemente haben heute stark miniaturisierte Bauformen, die eine Montage von Hand deutlich erschweren. Auf der anderen Seite punkten die SMDs mit ihren niedrigen Produktions- und Montagekosten sowie dem geringen Bedarf an Platinenfläche. Leider gestaltet sich der Aufbau von Versuchsmustern ungleich schwieriger als zu früheren Zeiten. Auch der Austausch defekter Bauelemente ist meistens mühsam, wenn nicht sogar unmöglich. Das Gelingen solcher Aktionen hängt maßgeblich vom Geschick und der Arbeitstechnik des Ausführenden ab. Auch im Elektor-Labor entstehen überwiegend Projekte, die mit SMDs aufgebaut sind. Dort ist immer wieder erstaunlich, welche filigranen Konstruktionen von den Kollegen mit konventionellen Lötgeräten und dem nötigen Know-how realisiert werden.

Seit die SMDs Einzug hielten, erreichen uns Hilferufe von Lesern, die an der SMD-Montage verzweifeln oder ein Projekt wegen dieser Klippe verwerfen. Auch hier gilt die alte Wahrheit, dass Übung den Meister macht. Beginnen Sie mit einer ausgemusterten SMD-Platine, versuchen Sie, SMD-Widerstände zu montieren. Mit etwas Geduld wird der erste Erfolg nicht lange auf sich warten lassen. Dann wagen Sie sich an die Vielfüßler unter den SMDs, die ICs, heran. Erprobte Verfahren haben wir in Elektor schon oft beschrieben. Der beste Lehrmeister dürfte jedoch eine fach- und sachkundige Person sein, die den Weg

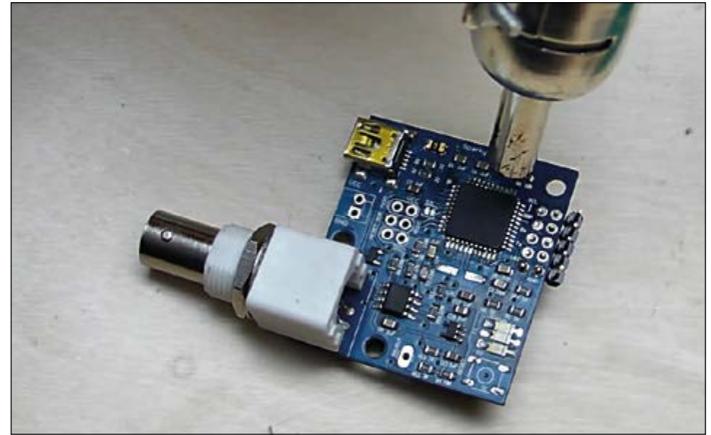
zum Erfolg unmittelbar am Objekt vor Augen führt. Wenn das Fachpersonal rar ist oder die Zeit fehlt, können Videos und Fotostrecken in die Bresche springen. Wir haben uns im Web nach Beiträgen umgesehen, die unser Thema zum Inhalt haben. Aus den rund fünfzig gesichteten Videos und Fotostrecken haben wir acht Veröffentlichungen ausgewählt, die uns als Starthilfe besonders geeignet erscheinen.

### Fotos

Wir denken, dass Elektor-Leser keiner Nachhilfe im Löten bedrakter Komponenten bedürfen. Deshalb sei hier nur nebenbei angemerkt, dass auch Newcomer mit Anleitungen und Ratschlägen im Web reichlich bedacht werden.

Doch zurück zu den SMDs: Die Website von *Curious Inventor* [1] enthält eine gut gemachte Einführung in die Welt der Winzlinge. Vorgestellt werden die nötigen Werkzeuge, anschauliche Fotos demonstrieren, wie sich SMDs unterschiedlicher Bauformen mit Erfolg montieren lassen. Simple Widerstände und Kondensatoren gehören zu den Beispielen ebenso wie ICs in PLCC-, QFB- oder QFN-Gehäusen. Ein kurzer Abschnitt ist dem Einsatz von SMD-Öfen gewidmet, er gibt einen Ausblick auf die hochprofessionellen Methoden.

Bei *Infidigm* [2] fanden wir eine andere Reihe informativer Fotostrecken. Auch dort wird anschaulich gezeigt, wie Bauele-



mente in diversen SMD-Bauformen mit konventionellem Lötgerät montiert werden können. Dabei kommen unterschiedliche Methoden und Verfahren zum Einsatz.

### Videos

Aus dem Studium der Fotos sind bereits Werkzeuge wie der Flussmittelstift und der Lötpasten-Dispenser bekannt. Diese Utensilien können auch in den Videos auftauchen. Manche Werkzeuge sind unverzichtbar, andere sind nützlich, jedoch nicht zwingend notwendig. Stets lohnend dürfte jedoch die Anschaffung eines Heißluft-Lötgeräts sein, die 100 € oder auch etwas mehr sind gut angelegt.

Die Videos mit den Web-Adressen [3], [4] und [5] stammen von John Gammell, einem anerkannten Experten und Ausbilder auf dem Gebiet der Löttechnik. Die drei Videos zeigen, wie Bauelemente und Platinen nach den gültigen Regeln der Technik gelötet werden. Auch wenn die Praxis damit nicht immer konform geht, bieten die Videos nützliche Orientierung für die korrekte Vorgehensweise. Im ersten und zweiten Video, Titel „Hand Soldering Techniques - Surface Mount“, führt der Autor mehrere Verfahren für das Löten vielfüßiger SMDs vor. Was im Video schwungvoll und unkompliziert erscheint, bedarf in Wahrheit umfangreicher und fundierter Erfahrung. Der dritte Teil beschäftigt sich mit dem Löten eines so genannten DPAK-Gehäuses. John Gammell ist Autor vieler anderer, zu Lehrzwecken dienender Videoclips, die Suchfunktion auf Youtube führt nach Eingabe des Namens zu seinen Beiträgen.

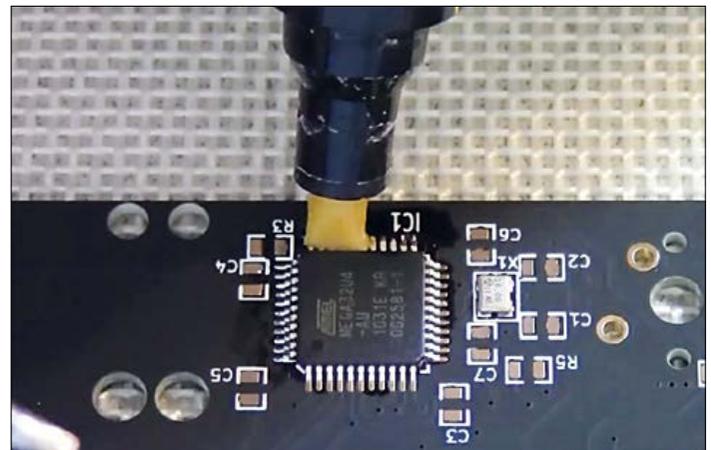
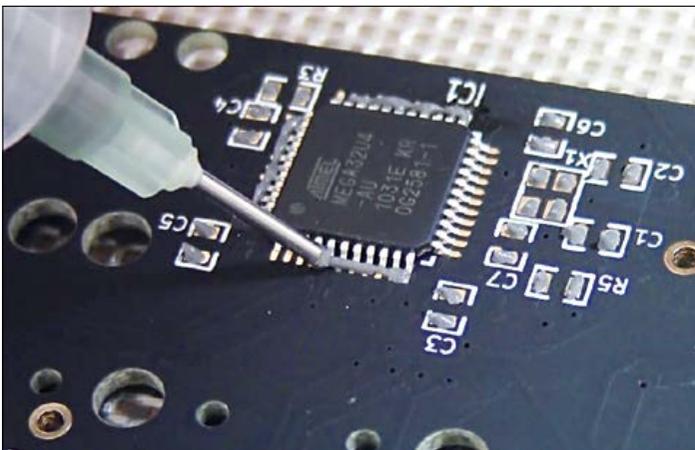
An den Clips von John Gammell werden die Ziele deutlich, die nach langjähriger, intensiver Übung erreichbar sind. Auf jene

Lehrstücke folgen deshalb zwei längere Videos, in denen verteilte Praktiker Einblicke in ihre Arbeitsmethoden geben. In dem Video „HowTo SMD Soldering“ [6] zeigt Ryan Edwards von Sparky's Widgets, wie er recht unkonventionell mit den SMDs umgeht. Von einer bestückten Platine werden Bauelemente demontiert, um sie anschließend auf einer anderen Platine zu montieren. Die Videos „SMD soldering by hot air“ [7] und „SMD soldering by iron“ [8] demonstrieren ebenfalls, wie ihr Autor SMD-ICs unterschiedlicher Bauformen montiert. Die Kamera verfolgt sämtliche Arbeitsphasen, zu den Szenen gehören das Auftragen der Lötpaste, die Positionierung der Bauelemente und sogar die Montage einer USB-Steckfassung. Wir wünschen uns, dass das zitierte Anschauungsmaterial der Ermutigung solcher Leser dient, die sich bisher nicht an die SMDs herantrauten. ◀

(150682)gd

### Weblinks

- [1] [http://store.curiousinventor.com/guides/Surface\\_Mount\\_Soldering](http://store.curiousinventor.com/guides/Surface_Mount_Soldering)
- [2] [www.infidigm.net/articles/solder/](http://www.infidigm.net/articles/solder/)
- [3] [www.youtube.com/watch?v=5uiroWBkdFY](http://www.youtube.com/watch?v=5uiroWBkdFY)
- [4] [www.youtube.com/watch?v=hINp\\_g68mh4](http://www.youtube.com/watch?v=hINp_g68mh4)
- [5] [www.youtube.com/watch?v=L\\_DIpkIxXcI](http://www.youtube.com/watch?v=L_DIpkIxXcI)
- [6] [www.youtube.com/watch?v=z7Tu8NXu5UA](http://www.youtube.com/watch?v=z7Tu8NXu5UA)
- [7] [www.youtube.com/watch?v=2Z7nCAxS2Rg](http://www.youtube.com/watch?v=2Z7nCAxS2Rg)
- [8] [www.youtube.com/watch?v=OaOaRaGGdMc](http://www.youtube.com/watch?v=OaOaRaGGdMc)





# Nagra SN:

## Kleines Helferlein der Geheimdienste

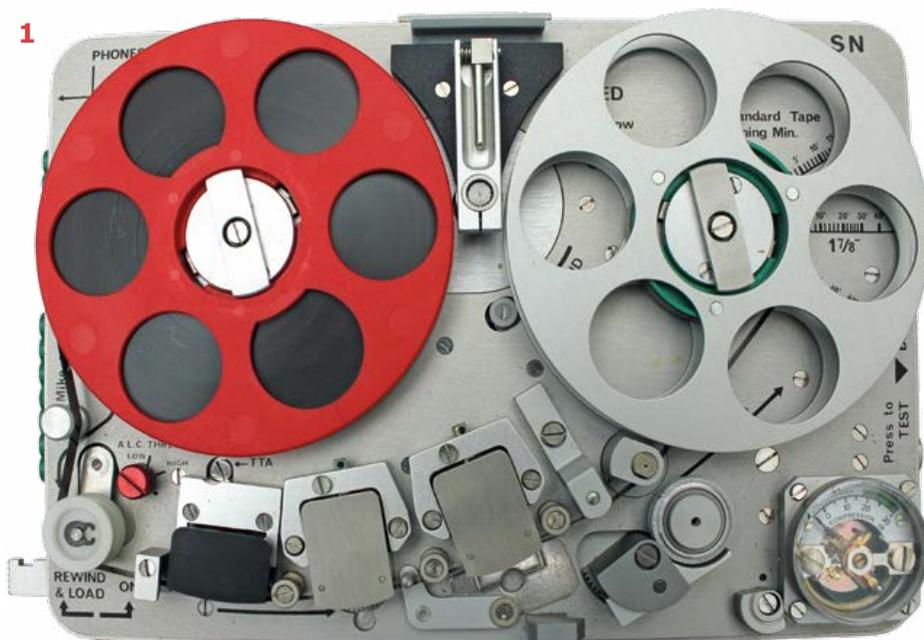
### Eine besonderer Rekorder für heimliche Aufzeichnungen

James Bond wäre wohl neidisch: Auf den ersten Blick sieht das wie ein Kinderspielzeug aus, doch bei näherer Betrachtung entpuppt es sich als Audiorekorder, auf den selbst Q stolz gewesen wäre. Damit konnte man sogar schon synchron zum Film aufzeichnen.

Von Peter Beil (D)

Kudelski, ein Hersteller von portablen High-End-Tonband-Aufzeichnungsgeräten aus der Schweiz, wurde Ende der 1950er Jahre vom amerikanischen Secret Service beauftragt, einen ultrakleinen Rekorder zu entwickeln. Bis dato zeichneten Rekorder für geheimnisvolle Zwecke nämlich des Platzes wegen auf Silberdraht auf. Wegen starkem Übersprechen und begrenztem Frequenzgang war die Audioqualität bestenfalls mittelmäßig.

Ab 1960 wurde damit begonnen, das geheimnisvolle Nagra SN (SN steht für Série Noire = schwarze Serie – man mag dabei denken, was man will!) an ausgewählte Kunden auszuliefern. Es brauchte elf weitere Jahre, bis das Gerät öffentlich verfügbar wurde.





Das konventionelle Format der Tonbänder passte nicht gut zur notwendigen Miniaturisierung (**Bild 1**). Stattdessen wurde ein spezielles Band mit 0,15" = 3,81 mm Breite entwickelt. Es gab farbkodierte Spulen für Standard, „long play“ und „double play“. Letzteres ermöglichte eine Aufzeichnungszeit von rund 1,5 Stunden, doch in den meisten professionellen Anwendungen wurde das Standard-Band eingesetzt (siehe **Bild 2**). Die Spulen hatten einen Durchmesser von 68 mm und konnten verriegelt werden. Es gab auch einen Gerätedeckel, weshalb das Bandgerät in jeder Orientierung betrieben werden konnte, sogar auf dem Kopf (**Bild 3**). Mit nur zwei Batterien oder Akkus im Format AA konnte die Bandmaschine bis zu fünf Stunden betrieben werden. Die winzigen Abmessungen beeindrucken auch heute noch: 147 x 100,5 x 28 mm. Das Gewicht betrug 574 g.

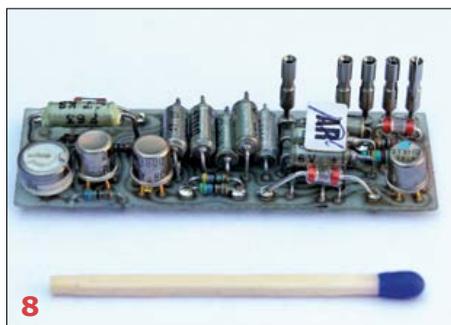
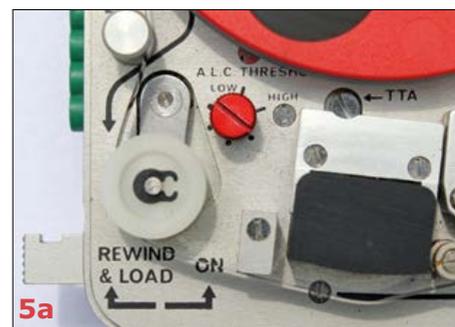
**Technische Daten**

Die Aufzeichnungsgeschwindigkeit war 9,5 cm/s. Das scheint zwar nichts Besonderes zu sein, aber der Frequenzgang von 60 Hz bis 15 kHz, ein Rauschabstand von 62 dB, Wow & Flutter von ±0,1% (Messungen nach DIN) sowie ein Betriebstemperaturbereich von -40 bis +70 °C waren damals außergewöhnlich. Für Spezialanwendungen konnte die Bandgeschwindigkeit auf 4,75 cm/s reduziert werden (siehe **Bild 4**), was immer noch für einen Frequenzgang von 80 Hz bis 8 kHz aus-

reichte, die Aufzeichnungsdauer aber auf bis zu vier Stunden anhub. Anfangs wurde monophon über die ganze Bandbreite aufgezeichnet. Stereo kam erst später. Um portablen Betrieb ohne Nachjustierung des Pegels zu erlauben, war ein Kompressor eingebaut, der eine erstaunlich klare, automatisch gesteuerte Aufzeichnung erlaubte. Dieses ungewöhnliche Feature hatte wohl mit dem ursprünglichen Einsatzzweck durch Geheimdienste zu tun, wo auch noch die leisesten Geräusche aufgezeichnet werden sollten. Da diese Automatik in professionellen Anwendungen störte, konnte der Pegel auch manuell eingestellt werden (**Bild 5A**). Mit dem VU-Meter rechts konnte man auch die Batterien prüfen (**Bild 5B**). Für Nagra SN A gab es auch eine ganze Reihe Mikrone für unterschiedliche Zwecke (**Bild 6**).

**Platzsparende Schweizer Präzision**

Der Blick ins Innere enthüllt die Präzision eines Uhrmachers. Die Platinen waren für erhöhte Zuverlässigkeit verschraubt (**Bild 7**). Die Elektronik besteht selbstverständlich aus diskreten Bauteilen (**Bild 8**): ICs gab es zwar schon, aber nicht für Audiozwecke. Aus Platzmangel wurden bestimmte Dinge weggelassen und clever durch andere ersetzt. Das Zurückspulen erledigte man von Hand mit Hilfe einer klappbaren Kurbel (**Bild 9**), mit der das erstaunlich gut





10



11



12

ging. Es gab keinen Schalter zur Wahl zwischen Aufnahme und Wiedergabe. Mit gestecktem Mikrophon wird aufgenommen und ohne wiedergegeben. Ein Hebel betätigt den Mechanismus (**Bild 10**). Mit einem separaten Wiedergabekopf konnte die Aufnahme per Kopfhörer gleich beurteilt werden.

Es gab auch eine externe Steuerung (**Bild 11**) mitsamt Aussteuerungsanzeige und per Daumen drehbarem Pegelsteller. Auch ein Wahlschalter für die Funktionen war dort vorhanden. Damit konnte man das Gerät wie eine normale Tonbandmaschine verwenden.

### Taschenrekorder

Ab etwa 1971 gab es das Gerät in einer modifizierten Version, die speziell für Toningenieure für die Arbeit an Filmen entwickelt wurde. Damals waren nämlich Funkmikrofone nicht sehr zuverlässig. Sie wurden im VHF-Band zwischen 60 und 80 MHz betrieben, was nicht sehr ideal war. Aufnahmen im Flugzeug waren so nämlich nicht möglich. Sie konnten weder in der Nähe von Radiosendern noch in abgeschirmten Räumen oder in Gebieten mit möglichen Interferenzen eingesetzt werden. Das Problem wurde damals so gelöst, dass die Schauspieler schlicht solch einen Minirekorder in die Tasche gestopft bekamen, denn die Aufzeichnungszeit reichte dafür locker aus. Sogar noch in den Zeiten der ersten Videorekorder, als die Tonspur arg zu

### Was ist ein Pilotton?

Ein Pilotton ist ein Signal mit einer sehr genauen Frequenz, hier entweder mit 50 oder 60 Hz. Er wird dazu benutzt, den Ton mit den Bildern eines Films zu synchronisieren. Da eine Bandaufzeichnung unvermeidlich driftet, wird ein von einer Kamera oder einem speziellen Quarzgenerator stammender Pilotton mit dem Nutzsignal aufgezeichnet. Beim Abspielen kann dann die Wiedergabegeschwindigkeit dank Pilotton starr mit einer Referenz im Film gekoppelt werden. Dadurch werden auch die kleinsten Schwankungen in der Bandaufnahme korrigiert. Heutzutage wird dieselbe Aufgabe über Zeitstempel im Datenstrom erledigt.

wünschen übrigließ, wurden rauscharme Tonaufzeichnungen oft durch den parallelen Betrieb eines SN realisiert.

### Zubehör

In der Grundausführung konnte man damit noch keinen Ton mit Bildern synchronisieren. Hierzu brauchte man eine quarzgesteuerte Elektronik für eine Referenzfrequenz (**Bild 12**). Anders als mit dem üblichen 50-Hz-Pilotton plus extra Aufnahmekopf wurde einfach ein 10-Hz-Signal „unter“ die Tonaufnahme gelegt.

Zur Wiedergabe im Studio musste das Gerät in einen speziellen Docking-Adapter (**Bild 13**). Der Adapter multipli-

zierte die Frequenz des Pilottons um den Faktor 5 (oder 6 bei 60-Hz-Stromnetz) und schon hatte man den Standard-Pilotton. Ein Hochpassfilter mit 30 Hz verhinderte die Interferenz des Pilottons mit dem Audiosignal. Die Fotos der **Bilder 14** und **15** zeigen alle Köpfe und Stecker dieses Adapters.

### Fazit

Auch wenn mein Nagra SN schon seit mehr als 20 Jahren außer Betrieb genommen wurde, ist es so ein einfaches und schönes Stück Technik, dass ich es nicht übers Herz bringe, mich davon zu trennen!

(150674)



13



14



15

**ESTD 2004**

www.elektor.tv



Retronik ist eine monatliche Rubrik, die antiker Elektronik und legendären Elektor-Schaltungen ihre Referenz erweist.

Beiträge, Vorschläge und Anfragen telegrafieren Sie bitte an Jan Buiting (editor@elektor.com).

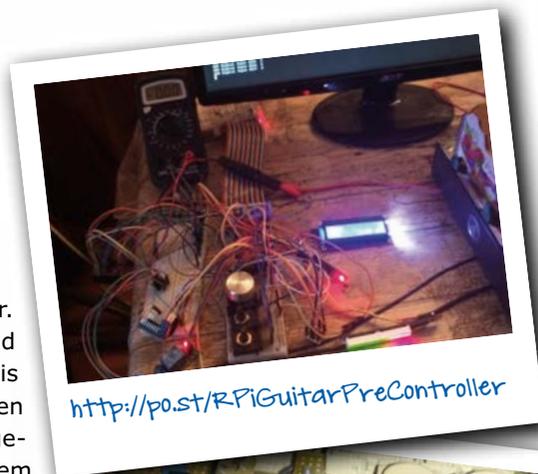
# Elektor-Labs.com

## Wiederbelebung mit *state-of-the-Art*-Elektronik

Hier eine Auswahl von interessanten Projekten, die moderne und neue Technik miteinander kombinieren. Lassen Sie sich auch inspirieren und alte, bisweilen nutzlose Gadgets mit dem Einsatz modernster Elektronik wieder auferstehen.

### Raspberry Pi steuert Gitarrenvorverstärker

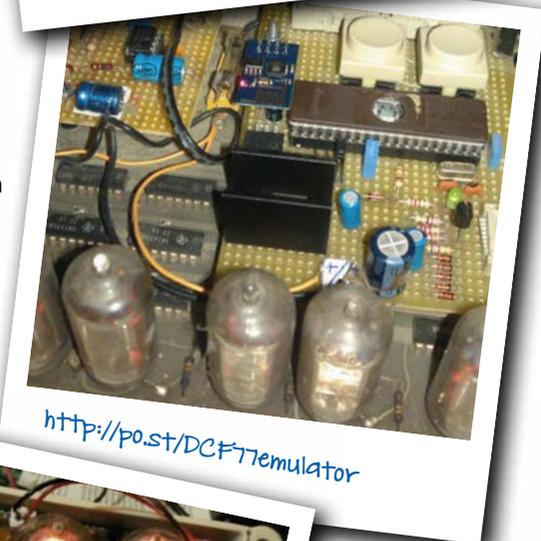
Dieser Autor benötigt eine intelligente Steuerung für seinen Gitarrenverstärker. Alle Presets sollen gespeichert und bei Bedarf aufgerufen werden, während er das Instrument spielt, damit er schnell von Preset zu Preset, von Clean bis Saturated springen kann. Die Steuerung ist in ein MIDI-System mit anderen E-Instrumenten eingebunden, so dass der Vorverstärker über MIDI ferngesteuert wird. Das Ergebnis ist eine Audio-Controller-Software, die auf einem Raspberry Pi 2 läuft.



<http://po.st/RPiGuitarPreController>

### DCF77-Zeitsignalemulator mit ESP8266

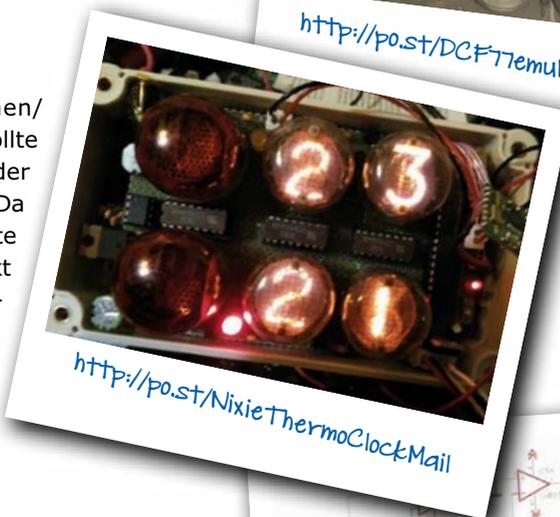
Vor etwa 20 Jahren hat der Autor eine sehr alte Nixie-Uhr recycelt und durch Zugabe eines DCF77-Empfängermoduls als Zeitbasis modernisiert. Leider hat sich im Laufe der Jahre der DCF77-Empfang in der Wohnung des Autors verschlechtert, wahrscheinlich aufgrund elektromagnetischer Störungen von Schaltnetzteilen. Schließlich entschied er sich, das HF- durch ein Internet-Zeitsignal zu ersetzen. Ein einfaches, kostengünstiges ESP8266-Modul, das drahtlos mit dem Heimnetzwerk verbunden ist, emuliert nun das DCF77-Funkmodul.



<http://po.st/DCF77emulator>

### Featuritis

Der Autor wollte für seinen Vater ein einfaches Innen/Außen-Thermometer mit vier Nixieröhren bauen. Es wollte die Outdoor-Einheit am Briefkasten mit einem HF-Sender ausstatten und sie mit einer Solarstromquelle versorgen. Da der Briefkasten etwa 60 m vom Haus entfernt ist, dachte er, es wäre eine gute Idee, durch eine blinkende LED direkt anzuzeigen, dass Post im Kasten liegt. Und eine Zeitanzeige wäre auch nicht schlecht. So erweiterte der Autor die Schaltung um einen GPS-Empfänger als Uhrzeitquelle. Das Ergebnis ist ein Thermometer-Uhrzeit-Briefkasten-Alarm. Ich bin sicher, es gibt nützliche Funktionen, die man noch hinzufügen könnte!

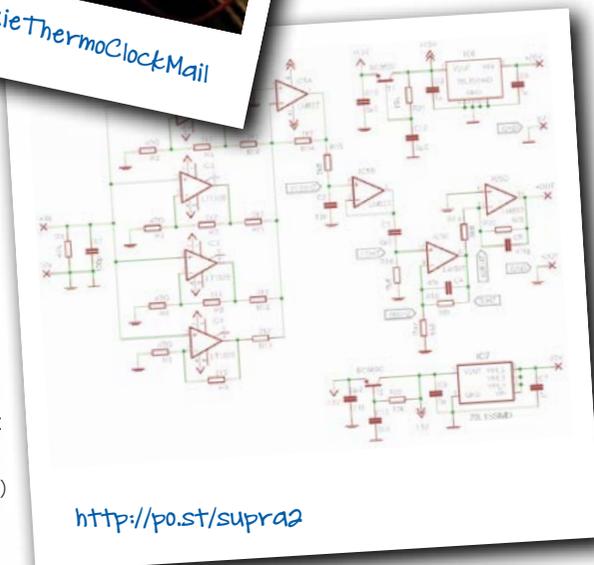


<http://po.st/NixieThermoClockMail>

### Supra 2.0, ein moderner Phono-Vorverstärker

Vor mehr als 25 Jahren hat Elektor einen sehr rauscharmen MC/MM-Vorverstärker für Vinyl-Plattenspieler mit dem Namen SUPRA veröffentlicht. Die tollen Rauscheigenschaften wurden durch die Parallelschaltung jeweils acht spottbilliger Low-Noise-Transistoren (BC550/BC560) erzielt. Die Rauschermut musste man sich aber mit einer enorm großen Platine mit zwanzig Transistoren pro Kanal erkaufen. Heute gibt es optimierte High-Speed-Operationsverstärker wie den LT1028, so dass ein diskreter Ansatz nicht mehr sinnvoll ist. Es ist beinahe unmöglich, noch bessere Rauschwerte zu erzielen. Selbst Widerstände rauschen thermisch „lauter“. ◀

(150671)



<http://po.st/supra2>

Zusammengestellt von **Aniek Reuling**

## Crazy Christmas 2015

Die Crazy-Christmas-Aktion 2015 wurde wieder zu einem tollen Erfolg. Es gab Aktionen zu vielen Produkten, vom programmierbaren Weihnachtsbaum bis zu einer Flut von Elektor-Büchern. Die Elektor-Dekaden-DVDs waren aber der Renner. Egal, welches Jahrzehnt, in jeder DVD stecken mehr als 2 K Artikel auf satten 7 K Seiten voller Elektronik!



## Elektor startet The E-Quiz

Wir sind unserem Motto Learn, Design, Share immer treu gewesen. Spaß mit Elektronik ist in unserer DNA begründet und deshalb hat Elektor beschlossen, eine Elektronik-Quiz-App zu entwickeln. Bald werden wir eine Alpha-Version für Android starten. Wenn Sie über den Fortschritt informiert werden möchten, senden Sie eine E-Mail an [fabio.romagnoli@eimworld.com](mailto:fabio.romagnoli@eimworld.com). Fabio wird Sie auf dem Laufenden halten!

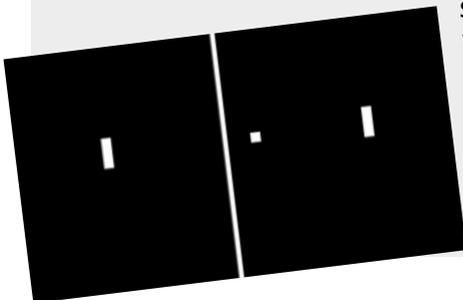


## READ ONLY MEMORY

Unser Magazin kann auf eine lange Geschichte zurückblicken. In diesem Kasten zeigen wir stolz Vergangenes aus alten Tagen.

Elektor hat eine lange und reiche Geschichte. Wir stellen in dieser Rubrik einige Juwelen der Vergangenheit vor. Vor etwa 40 Jahren hat Elektor mehrere Erweiterungen des ersten erfolgreichen Arcade-Videospiels Pong (TV-Tennis) vorgestellt. Man konnte einen automatischen Gegner hinzufügen, damit man das Spiel nicht immer solo spielen musste. Eine weitere Neuerung war die vertikale Mittelinie, wie sie in den meisten Ballsportarten zu sehen ist.

Schließlich hat Elektor auch horizontale Linien, von denen der Ball zurück ins Feld springen konnte, und vertikale Torauslinien hinzugefügt.

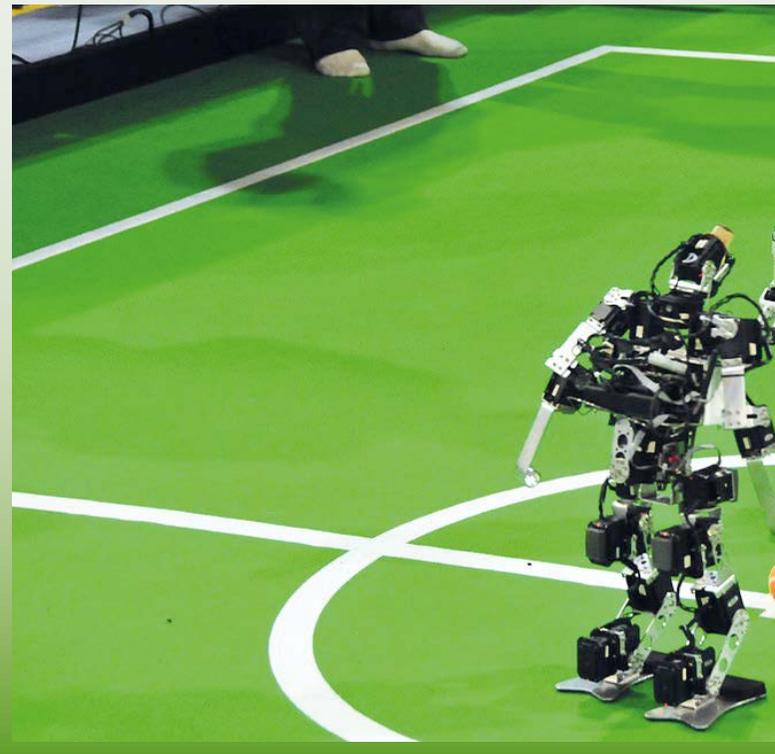


# Lernen wir von unseren Künstlichen Geschwistern

**Elektorethics** von Tessel Renzenbrink

Das ist es, was Joscha Bach [1] in einem faszinierenden Vortrag auf der Chaos Communication Conference [2] sagte, die vom 27. bis 30. Dezember 2015 in Hamburg stattfand. Bach studierte Philosophie und Informatik an der Berliner Humboldt-Universität und nutzt sein Interesse in Künstlicher Intelligenz, um den menschlichen Geist zu verstehen. Derzeit arbeitet er als Kognitionswissenschaftler beim Harvard-Programm für evolutionäre Dynamik.

Bach schrieb eine Simulation einer Welt, als er sich mit Roboter-Fußball beschäftigte. Er sagt: „Sie haben eine Reihe von Robotern, die ein Modell besitzen von dem, was auf dem Spielfeld passiert. Die Physik erzeugt Daten für ihre Sensoren, sie lesen die Daten der Sensoren und verwenden sie, um ihr Weltmodell zu aktualisieren. Aber Roboter sind zu teuer und zu schwer, um sie überall herumzuschleppen. Deshalb schrieben wir eine Computersimulation des Spielfeldes und der Physik und so weiter, welche die gleichen Daten erzeugt und versorgten damit ein virtuelles Roboterhirn in einem simulierten Roboterkörper. Dies funktioniert genauso gut, denn ein Roboter kann nicht erkennen, ob er ein virtueller Roboter ist. Er kann nicht wissen, was da draußen los ist.“



**PEOPLE NEWS** • Zu Beginn des Jahres 2016 hat das Elektor-Personal die neue Deutschlandzentrale in der Delegation besuchte die Embedded-World-Konferenz auf der Nürnberger Messe • Elektor begrüßt eine Volker Bombien und Robert van der Zwan im Elektor Team willkommen • Alex Politis wird neuer Support

Wir alle sind Ausdruck von Code. Und nicht einmal von viel Code. Das Genom – ein kompletter Satz unserer DNA - passt auf eine CD-ROM. Wir sind weniger kompliziert als das Betriebssystem Windows 10.

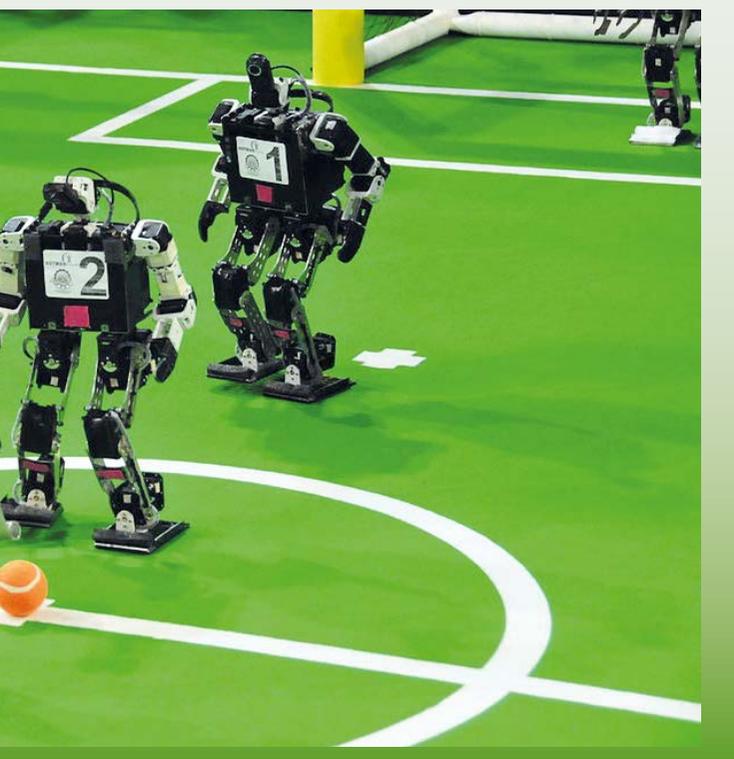
Das einzige, was er zu sehen bekommt, ist die Struktur der Daten an seiner Körperschnittstelle.

Und das ist bei Menschen nicht anders. Unser Geist macht Modelle der Welt, basierend auf den Daten unserer fünf Sinne. Wenn du entdeckst, die du in derselben Situation wie diese Roboter bist, stellst du fest, dass du eine Art biologischer Roboter bist, der nicht über den direkten Zugriff auf die Welt verfügt, keine Materie und Energie und andere Menschen siehst, sondern nur wenige Stückchen von Informationen, die das Gehirn zu verarbeiten hat.“ Der vollständige Vortrag „Computational Meta-Psychology: an Artificial Intelligence Exploration into the Creation of Meaning“ ist auf der CCC-Website [3] zu finden. Sehr zu empfehlen: Bach erklärt, wie der Geist genialer Menschen arbeitet, dass Religion ein Gehirn-Virus ist und warum die maladaptiven Züge von Nerds sich zum ersten Mal in der Geschichte als Vorteil in der natürlichen Auslese herausstellen.

[1] <https://twitter.com/Plinz>

[2] [https://ccc.devsn.se/congress/2015/wiki/Main\\_Page](https://ccc.devsn.se/congress/2015/wiki/Main_Page)

[3] [https://media.ccc.de/v/32c3-7483-computational\\_meta-psychology](https://media.ccc.de/v/32c3-7483-computational_meta-psychology)



schönen Stadt Aachen bezogen • Eine große Elektor-Reihe von neuen Autoren und Herstellern • Wir heißen Manager des Deutschen Teams ...

## EXPERTENPROFIL

Elektor arbeitet mit mehr als 1.000 Experten und Autoren bei der Produktion von Büchern, Artikeln, DVDs, Webinaren und Live-Events zusammen. In jeder Ausgabe wollen wir einen von ihnen ins Rampenlicht stellen...

Name: **Katie Denton**

Alter: **12**

Ausbildung: **Zurzeit in der Middle School (7. Grad, 9. Grad in Mathematik)** (Der 7. Grad ist vergleichbar mit der Untertertia der früheren gymnasialen

Mittelstufe, 9. Grad entspricht der Untersekunda)



**Katie, warum hast du mit der Elektronik begonnen?**

Vor ein paar Jahren habe ich einen Raspberry Pi bekommen und ich begann mit Python zu spielen, um ein paar LEDs zum Leuchten zu bringen. Vor etwa einem Jahr wollte ich einen 3D-Drucker und mein Vater sagte ja, aber nur, wenn ich ihn mir selber bauen würde. Meine Druckerideen wurden in einem Raspberry-Pi-Blog vorgestellt. Ich habe dann am NASA Girls & Boys Mentoring Program teilgenommen, und von da an ging richtig es los.

**Wer sind deine (wissenschaftlichen) Idole?**

Ada Lovelace, die erste Computer-Programmiererin, die im 19. Jahrhundert ein Programm für einen mechanischen Computer entwarf und Marie Curie, die erste Frau, an die ein Nobelpreis vergeben wurde.

**Kennst du andere Mädchen in deinem Alter mit ähnlichem Interesse an Elektronik?**

Nur wenige - es gibt nicht genug Mädchen, die sich für Elektronik oder Robotik interessieren. Ich versuche, das zu ändern. Ich half, ein Mädchen-Robotik-Team an meiner Schule auf die Beine zu stellen und ich habe meinen MakerKatie-Blog gestartet, um zu zeigen, was Mädchen leisten können.

**Würdest du dich für einen weltweiten Club junger Frauen mit einer Leidenschaft für Elektronik interessieren?**

Definitiv ja! Es ist schwierig, junge Frauen mit ähnlichen Interessen zu finden. Ich hätte gerne ein Forum, auf dem ich meine Ideen teilen und von anderen lernen könnte.

**Was würdest du eher tun, ein Buch schreiben oder einen Blog?**

Einen Blog. Dort kann man Dinge tun wie ein Video hochladen oder funktionierenden Code zeigen.

**Was willst du in den nächsten fünf Jahren erreichen?**

Die High School überleben, mir einen Platz an einer erstklassigen Ingenieurschule wie MIT oder Stanford sichern, viel mehr über Elektronik und Programmierung lernen und ein paar wirklich coole Projekte vollenden.

**Angenommen, du bekommst 500 \$, um damit im Elektor-Shop einzukaufen. Was würdest du nehmen und warum?**

Ich würde mit Büchern über Robotik und Künstlicher Intelligenz anfangen. Ich würde auch das 37-Sensoren-Kit nehmen, die kann ich immer gebrauchen. Dann würde ich mir einen Vorrat an Entwicklungsboards zulegen. ◀ (150675)

# Hexadoku

# Sudoku für Elektroniker

Unser monatliches Spezial-Sudoku erfreut sich immer noch großer Beliebtheit. Davon zeugen Hunderte (korrekte) Einsendungen, die wir jeden Monat zugeschickt bekommen. Dennoch: Die Chancen, einen der drei Elektor-Gutscheine zu bekommen, stehen für Sie gar nicht so schlecht.

Also Bleistift holen, gemütlich hinsetzen und los geht es!

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 einen von drei Gutscheinen im Wert von 50 Euro gewinnen!



### 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. März 2016.**

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

Die richtige Lösung ist: **6AE32**

Einen Elektor-Wertgutschein über je 50 € haben gewonnen: Jean-Paul Winberg, Haythem Zidi und Wolfgang Köberl.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

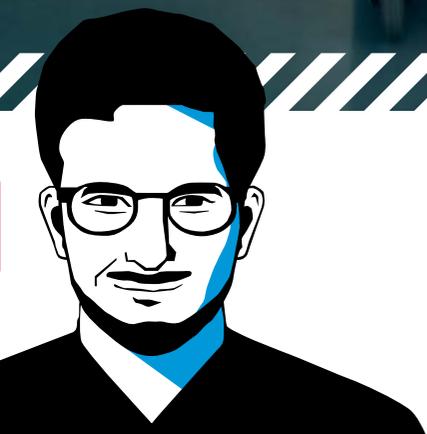
Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter der in der Unternehmensgruppe Elektor International Media B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

# »Wir haben mal ganz klein gedacht. So ist der BeagleCore entstanden.«

Ansgar Hein (l. v.l.), Leiter Communications bei BeagleCore mit seinem Team, Tekkie seit 1984



**Ab April 2016  
exklusiv  
bei Conrad!**



**Die besten Tekkie-Stories unserer innovativsten  
Business-Kunden jetzt auf [tekkie.conrad.de](http://tekkie.conrad.de)**

**Conrad. Tekkie seit 1923.** Ihr Profi-Partner und Berater  
für Lösungen in den Bereichen Bauelemente, Automation,  
Gebäudetechnik, Werkzeug, Messtechnik, Computertechnik,  
u.v.m. Mit über 700.000 Artikeln für Ihr Business von morgen.

**CONRAD**  
Business Supplies

Professionelle Qualität zu attraktiven Preisen!

**reichelt.de**  
elektronik

Online-Magazin  
zum Thema:

gleich  
online  
blättern!



http://rch.lt/LtB



Sprays von Kontakt Chemie –  
und die Elektronik funktioniert



Der starke, oxidlösende  
Kontaktreiniger

Wissenschaftliche Untersuchungen bestätigen:  
**KONTAKT 60** löst hartnäckige Oxidschichten,  
Kontaktwiderstände werden reduziert.

- reinigt selbst korrodierte Kontakte
- unterwandert den Schmutz
- stellt den Stromfluss wieder her

Gebinde	Preis/L	Bestell-Nr.	Preis
Spray 100 ml	39,90	KONTAKT 2010	<b>3,99</b>
Spray 200 ml	36,50	KONTAKT 202	<b>7,30</b>
Spray 400 ml	24,90	KONTAKT 203	<b>9,95</b>

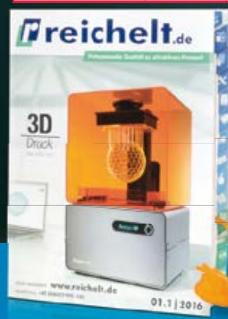


Geprüfte  
Sicherheit:  
Unbrennbare  
Kältesprays

Kältesprays beinhalten reine,  
hochwertige Kältemischungen  
mit hoher Kühlwirkung. Sie werden  
zur thermischen Fehlersuche in der  
Elektronik, zum Kälteschrumpfen und  
Schockfrieren kleiner Flächen und zur  
Funktionsprüfung von Temperaturfühlern  
eingesetzt.

Kühlwirkung bis max -52 °C. Gemäß Sicherheitsprüfung  
besteht keine Entzündungs- und Explosionsgefahr bei  
bestimmungsgemäßer Anwendung.

Gebinde	Preis/L	Bestell-Nr.	Preis
Spray 200 ml	41,80	KONTAKT 316	<b>8,35</b>
Spray 400 ml	35,50	KONTAKT 317	<b>14,20</b>



**GRATIS  
anfordern!**  
**Katalog**  
01.1|2016

# WX LÖTSTATION

Eine Station – viele Vorteile

Leistungsstarke 1-Kanal-Lötstation mit 200 W Leistung. Ideal geeignet für Solar-  
applikationen, HF-Technik, LED Technik, Tapping & Bussing Flachbandleiter, sowie  
Aluminium-Leiterplatten.

- schnelle Aufheizzeit
- visuelle Prozesskontrolle durch LED-Signalfunktion
- hohe Temperaturstabilität/ -genauigkeit:  $\pm 2$  °C
- unterstützt Werkzeuge bis 1x 200 W
- automatische Werkzeugerkennung

► **WELLER WX 1 385,00**  
Versorgungseinheit WX 1, 200 W / 230 V



**WELLER WX 1010**  
**589,00**

**Set WELLER WX 1010 enthält:**  
Versorgungseinheit WX 1, 200 W / 230 V,  
WXP 120 LötKolben (120 W, 24 V),  
1x Sicherheitsablage

## WX-KOMPATIBLES ZUBEHÖR:

Sets aus Ablage  
& LötKolben



**SET mit WXP 65, 65 W**

Der kleine, schnelle LötKolben mit 65 Watt eignet sich hervorragend  
für feine Lötarbeiten mit erhöhtem Wärmebedarf.

Bestellnummer:  
WELLER WXP65SET **227,10**

Power-Response

**SET mit WXP 120, 120 W**

mit dem Allrounder können Lötarbeiten von kleinen bis großen Bauteilen  
mit hohem Wärmebedarf abgedeckt werden.

Bestellnummer:  
WELLER WXP120SET **203,60**

Power-Response

**SET mit WXP 200, 200 W**

Der leistungsstärkste unter den WX-Werkzeugen. Ideal für Lötarbeiten  
mit erhöhtem Wärmebedarf, z. B. für LED-Back-planes.

Bestellnummer:  
WELLER WXP200SET **249,95** Set  
WELLER WXP200 **231,00** LötKolben einzeln

Power-Response

**SET mit WXMT, 2x 40 W**

Sehr feine, schlanke Pinzette. Optimal zum Löten und  
Entlöten von sehr kleinen SMD-Bauteilen.

WELLER WXMTSET **306,00**

Active-Tip

Jetzt bestellen!

Bestell-Hotline:

**www.reichelt.de +49 (0)4422 955-333**

Tagespreise! Preisstand: 1.2.2016

Preise in € inkl. gesetzl. MwSt., zzgl. Versandkosten  
reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (D)