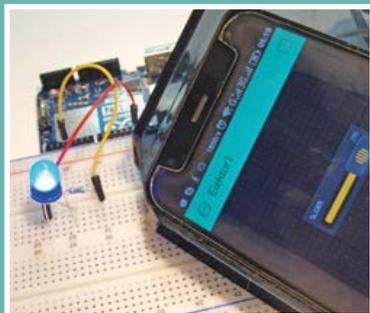
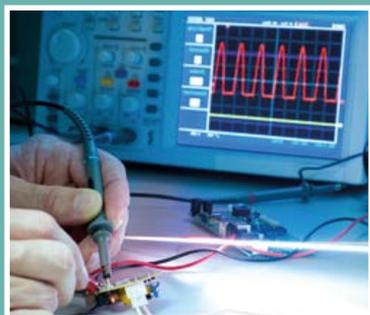


e lektor

LEARN DESIGN SHARE



Android & Arduino
Steuerungs-Framework
Blynk



Welches Oszilloskop?
Hilfe beim Kauf



Ethernet auf dem Android I/O-Board

Sekundengenau dank Satelliten



Neue Nixie-Uhr mit GPS

In dieser Ausgabe :
4 Labor-Projekte
2 Leser-Projekte
Fragen und Antworten
Tipps und Tricks ...
und mehr!

Barduino: Barograph mit 48 Stunden Aufzeichnung und Sturmalarm • **Sprechendes Sonar: Raspberry Pi +**

Ultraschall + Sprachsynthesizer • Bemerkenswerte Bauteile:

Das magische Auge • **Leser-Projekt: Smarter Energie Monitor** • **i-Pendel:**

Software, Aufbau und Diagnose • Schwingquarze • **CircuitMaker Tipps &**

Tricks • Aus dem Labor: Keramisch gegen Tantal • **Web-Recherche: Zen-**

Verstärker • **Retronik: Gigantomania**

LEARN

DESIGN

SHARE

elektor●PCB Service

Powered by

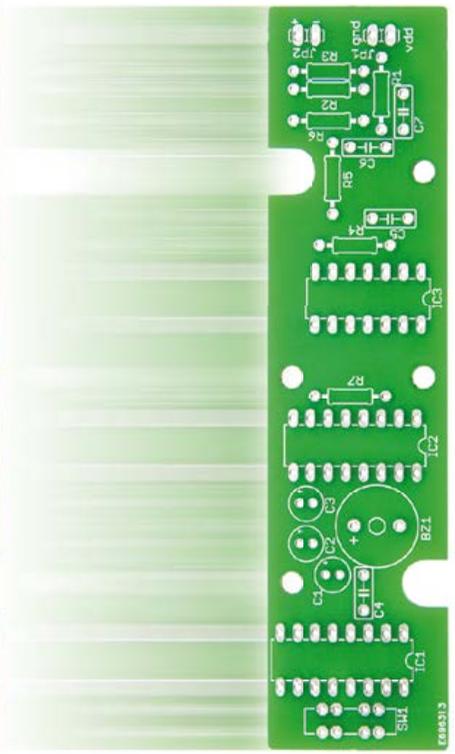
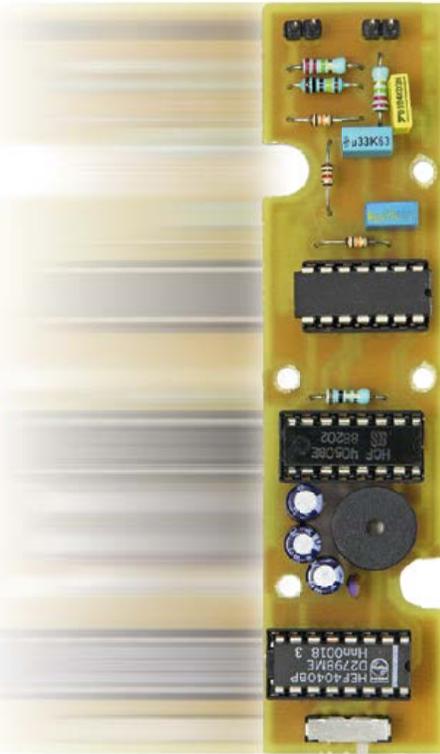
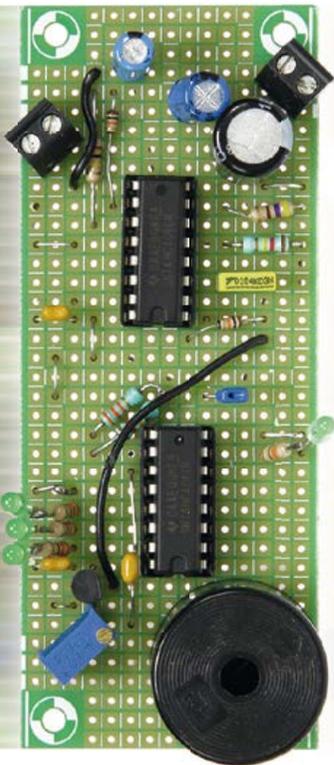


Platinen – Prototypen – Multilayer – Kleinserien

➔ **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- μ m-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

Impressum

47. Jahrgang, Nr. 545

Mai 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 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

Julia Grotenrath

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

E-Mail: julia.grotenrath@eimworld.com

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 46 ab

01.01.2016

Distribution:

IPS Pressevertrieb GmbH

Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

Tel. 0 22 25/88 01-0

Fax 0 22 25/88 01-199

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingedante 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



Wir suchen Unterstützung

In den Elektor World News war es schon zu lesen: Wir haben ein neues Büro in der schönen Grenzstadt Aachen eröffnet. Meine Kolleginnen Margriet Debeij und Julia Grotenrath sind von hier aus fleißig dabei, neue Kontakte zu Firmen zu knüpfen und bestehende auszubauen. Klassische Anzeigen wie auch neue Formen der Kooperation mit Kunden machen es möglich, dass unser Verlag auch zukünftig auf gesunden finanziellen Füßen steht und wir diese schöne Zeitschrift auch die nächsten 50 Jahre für unsere Leser herausbringen können ☺. Die Kolleginnen beackern dabei viele Felder gleichzeitig, deshalb suchen wir für sie noch Unterstützung in Form von weiteren Client Managern. Wenn Sie entweder Marketing-Profi mit technischem Hintergrund sind oder ein Ingenieur/Elektroniker mit einer Ader für das Marketing, dann sollten Sie einmal unsere Stellenanzeige anschauen unter www.elektormagazine.de/news/wir-stellen-ein.

Ich selbst arbeite auch zwei Tage im Büro in Aachen; mit meinem Home-Office in Köln sind es dann insgesamt drei Arbeitsplätze, zwischen denen ich pendele. Die wichtigen Programme wie zum Beispiel Indesign für allerletzte Korrekturen sind inzwischen auf meinem Laptop installiert. Ältere Planungsformulare auf Basis von MSAccess sind allerdings nicht direkt übers Internet bedienbar. Eine alte Kiste in der Verlagszentrale haben wir deshalb über RDP fernsteuerbar gemacht. Wirklich praktisch, denn auch meine Kollegin Mariline Thiebaut, die die französische Ausgabe von zu Hause aus betreut, hat nun Zugriff auf unser System.

Zusammen haben mit Jan Buiting und Thijs Beckers haben wir für diese Ausgabe wieder viele interessante Texte zusammengestellt. Schauen Sie doch gleich mal rein, zum Beispiel in unsere Grundlagen-Artikel auf Seite 10, 18 und 51.

Jens Nickel

Chefredakteur Elektor



Unser Team

Chefredakteur:	Jens Nickel (v.i.S.d.P.) (redaktion@elektor.de)
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

- 6 Das Elektor-Netzwerk
- 26 News
- 28 elektormagazine.de/labs
Projekt-Plattform in neuem Gewand
- 80 Elektor World News
- 82 Hexadoku
Sudoku für Elektroniker

LEARN

DESIGN

SHARE

- 8 Willkommen bei LEARN
- 9 Bemerkenswerte Bauteile
Das magische Auge
- 10 Welches Oszilloskop?
Entscheidungshilfe beim Kauf
- 16 CircuitMaker Tipps & Tricks (1)
- 18 Q & A (Fast) alles, was Sie schon immer
wissen wollten über ... Planes bei Platinen
- 20 Android trifft Arduino
Das Steuerungs-Framework Blynk

LEARN

DESIGN

SHARE

- 30 Willkommen bei DESIGN
- 31 Android I/O-Board und Ethernet
Mit dem USR-TCP232-T
- 34 Neue Nixie-Uhr mit GPS
Jetzt mit Sekunden-Anzeige!
- 42 Barduino
Barograph mit 48 Stunden Aufzeichnung und
Sturmalarm
- 44 i-Pendel
Teil 2: Software, Aufbau und Diagnose
- 51 Schwingquarze
Unscheinbar, doch unentbehrlich
- 56 Das sprechende Sonar
Raspberry Pi + Ultraschall + Sprachsynthesizer
- 61 €EM
Smarter €nergie Monitor

34



Sekundengenau

Android trifft Arduino

Das Steuerungs-Framework Blynk

Vom Handy steuerbare Gadgets sind der letzte Schrei, und mit WLAN-fähigen Boards wie dem Arduino Yun



20

funktioniert das auch drahtlos. Allerdings müssen sich Entwickler mit den Netzwerkbibliotheken des Controllerboards und auch mit der Programmierung des Smartphones auskennen. Blynk verspricht hier Abhilfe, denn es kapselt die Kommunikation auf beiden Seiten. Auf dem Smartphone kommt man sogar ganz ohne eigenen Code aus.



Neue Nixie-Uhr mit GPS

dank Satelliten

Android I/O-Board und Ethernet Mit dem USB-TCP232-T

In den vorangegangenen Beiträgen zum Android I/O-Board wurden mehrere Kommunikationsmodule beschrieben, die wahlweise auf dieses Board passen. Die Übertragungswege waren WLAN, Bluetooth oder USB. Was noch fehlt, ist ein Modul für Ethernet, ein weiterer wichtiger Standard. In diesem Beitrag schließen wir die Lücke, so dass das Board nun auch leitungsgebunden mit einem Ethernet-Netzwerk gekoppelt werden kann.

31



LEARN

DESIGN

SHARE

70 Willkommen bei SHARE

Ein Spielzeug, das von Herzen kommt

71 Aus dem Labor

Keramisch gegen Tantal

72 Web-Recherche

Zen-Variationen

74 Retronik

Gigantomania

78 Projekt 2.0

Korrekturen, Updates und Leserbriefe



Vorschau

Supra 2.0

Das Abspielen von Platten wird ja gegenwärtig wieder immer beliebter. Für uns ein Grund, den Phono-Verstärker Supra einem Redesign zu unterwerfen. Herausgekommen ist nicht weniger als ein Ultra-High-End-Verstärker für Plattenspieler mit einer Klang-Qualität auf höchstem Niveau.

Elektorino Uno R4

Der Arduino Uno R3 ist das Arbeitspferd für viele Maker. Hier kommt eine Weiterentwicklung mit mehr Möglichkeiten. Ein weiterer UART, mehr SPI- und I2C-Schnittstellen, mehr Timer und mehr analoge Eingänge stehen zur Verfügung, um nur einige Features zu nennen. Alle Shields für den Uno R3 bleiben kompatibel.

Assembler für PIC – die nächste Stufe

Sie möchten noch mehr über die Assembler-Programmierung von PIC-Controllern wissen, als Sie letztes Jahr in unserem 3-teiligen Crashkurs gelernt haben? Dann sind Sie bei der Nachfolger-Serie richtig, die wir im nächsten Heft starten. Wie immer haben wir auf die bewährte Mischung aus Theorie und Praxis geachtet.

Änderungen vorbehalten.

Elektor Juni erscheint am 18. Mai 2016.

Verkaufsstellen findet man unter 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



Elektor-Zeitschrift: 10 Ausgaben pro Jahr voll gepackt mit Elektronik-Projekten, Artikeln, Besprechungen, Tipps und Tricks. www.elektormagazine.de



Elektor-Platinen-Service: Bestellung von Platinen als Einzelstück oder Kleinserie. www.elektorpcbservice.de



Elektor wöchentlich & papierlos: Wöchentlicher digitaler Newsletter. Kostenlos und aktuell. www.elektor.de/newsletter



Elektor Academy: Webinare, Seminare, Präsentationen, Workshops, DVDs und mehr = praxisorientiertes Lernen. 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



Elektor.TV: Reviews, Eindrücke, Unboxings und persönliche Journale. Anschauen heißt Erfahrung sammeln. 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.elektormagazine.de/labs

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

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

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



79

Länder

247031

Mitglieder

1034

Experten & Autoren

485

Literatur

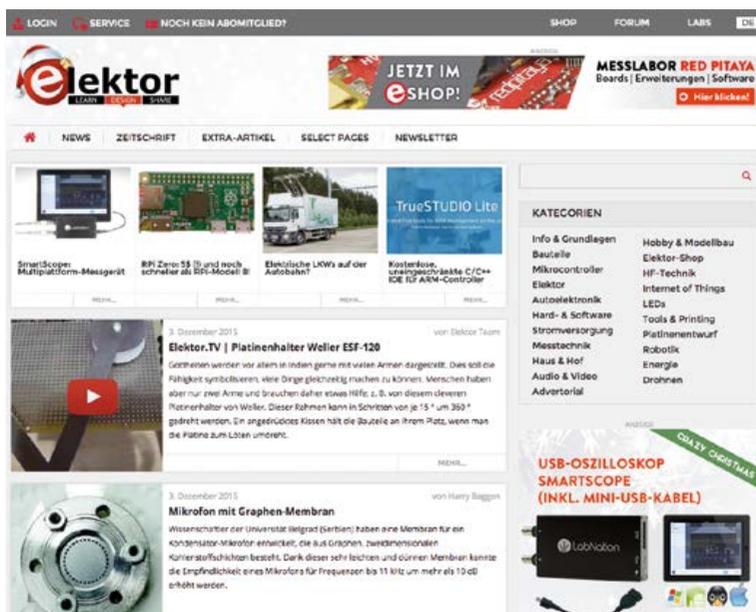
235102

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



Willkommen bei **LEARN**



von **Jens Nickel**

Projekte mit dem Hosentaschen-Computer

Wer ein Projekt entwickeln will, bei dem etwas über das Internet gesteuert werden soll – zum Beispiel im Bereich Hausautomatisierung – kommt kaum daran vorbei, auch das Smartphone einzubeziehen. Die Computer für die Hosentasche haben hochauflösende Displays; ideal, um zum Beispiel Messkurven anzuzeigen. Und sie erlauben eine komfortable Bedienung einer Benutzeroberfläche – in dem man die Steuerelemente einfach berührt. Bei einem eigenen Projekt sollte es natürlich ein maßgeschneidertes User-Interface sein; aber das muss natürlich erst einmal programmiert werden. Für

Einsteiger in die Smartphone-Programmierung gibt es einen schwierigen und einen einfacheren Weg.

Der schwierige ist, das Smartphone in der dafür vorgesehenen Programmiersprache („nativ“) zu programmieren. Für Android-Smartphones stehen hierfür eine mächtige Entwicklungsumgebung und eine Fülle von Java-Klassen zur Verfügung, die fast keine Wünsche offen lassen. Genial, wie Android Studio nicht nur Fehler im Quellcode anzeigt, sondern auch verschiedene Vorschläge zur Lösung macht. Mit einem Klick ist die noch fehlende Klasse eingebunden oder ein Code-Konstrukt hinzugefügt, mit dem Laufzeitfehler abgefangen werden.

Allerdings liegen Genie und Wahnsinn ja bekanntlich nahe beieinander. Und dieser Wahnsinn kann einen nach diversen Stunden schon befallen, wenn Codebeispiele, die auf „offiziellen“ Seiten im Internet zur Verfügung gestellt werden, einfach immer noch nicht laufen wollen. Wenn man Glück hat, verrät eine Internet-Recherche, dass das Sicherheitskonzept von Android die eigene App zum Absturz bringt. Es ist zum Beispiel nicht so einfach möglich, direkt aus der MainActivity heraus Nachrichten übers Netzwerk zu verschicken.

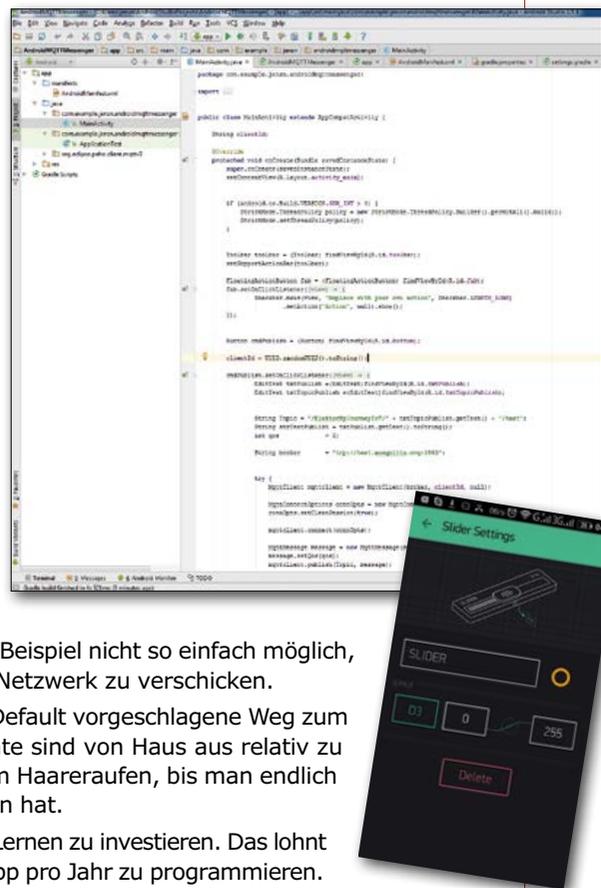
Eine steile Lernkurve für Einsteiger stellt auch der per Default vorgeschlagene Weg zum Design der Benutzeroberfläche dar. Die Steuerelemente sind von Haus aus relativ zu anderen positioniert. Da schiebt und rutscht es bis zum Haareraufen, bis man endlich „seinen“ Weg zur Erstellung einer Oberfläche gefunden hat.

Man muss als Anfänger eben bereit sein, viel Zeit in das Lernen zu investieren. Das lohnt sich aber, wenn man vorhat, mehr als nur eine kleine App pro Jahr zu programmieren.

Wem es darum geht, schneller zum Ziel zu kommen, dem kann ebenfalls geholfen werden.

Es gibt inzwischen mehr als nur ein System auf dem Markt, mit dem sich Benutzeroberflächen für Smartphones sehr einfach entwickeln lassen. Mit Drag und Drop werden nicht nur die nötigen Kontrollelemente auf die Oberfläche geschoben. Auch die damit ausgelösten Aktionen lassen sich sehr einfach konfigurieren. Das Schöne ist, dass die dahinter stehenden Frameworks sogar eine gewisse Plattformunabhängigkeit gewährleisten; wer beispielsweise aufs iPhone umsteigt, muss dann nicht noch einmal ganz von vorne anfangen. In diesem LEARN-Abschnitt stellen wir Ihnen zum Beispiel das Blynk-Framework vor. Schon in Elektor erwähnt wurde auch NetIO von David Eickhoff. Und selbst habe ich ja ebenfalls schon – im Rahmen des ElektorBus-Projekts – ein System verwirklicht, das es erlaubt, auf dem Android-Smartphone Benutzeroberflächen auf HTML-Basis zu verwenden.

Für welchen Weg Sie sich auch entscheiden – Elektor wird hier in Zukunft noch mehr inspirierende Projekte vorstellen. ◀



(150772)

Das magische Auge

Bemerkenswerte Bauteile

Von Neil Gruending (Kanada)

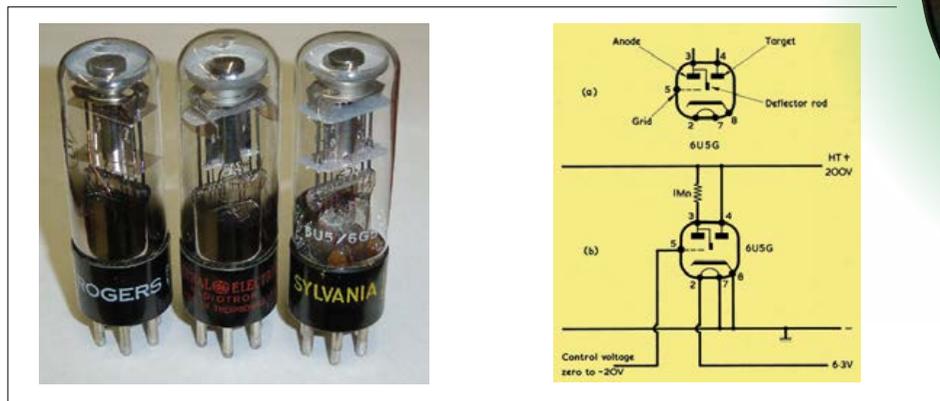


Bild 1. Das magische Auge des Typs 6U5G von verschiedenen Herstellern und sein Prinzipschaltbild [1].

Vermutlich denken Sie nicht weiter darüber nach, was passiert, wenn Sie mit Ihrem Radio einen anderen Sender suchen. Moderne digitale Radios können sehr genau auf die jeweilige Senderfrequenz abgestimmt werden. Analoge Radios brauchen dazu die Hilfe ihres Besitzers, doch die Abstimmung mit Drehknopf etc. kann durchaus knifflig sein. Üblicherweise stimmt man auf das lauteste (AM) oder bestklingende (FM) Signal ab. Doch das klappt nicht immer so gut, wenn das Radio über Features wie AGC (Automatic Gain Control) oder AVC (Automatic Volume Control) verfügt. Eine klassische Lösung ist eine Anzeige, die das genaue Abstimmen erleichtert.

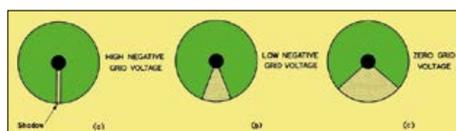


Bild 2. Verschiedene Aussteuerungen [1].

Bild 3. Das Projekt „Magisches Auge am USB“ von Elektor ist eine CPU-Aktivitätsanzeige und nutzt eine Röhre des Typs EM84 bzw. 6E3P oder 6FG6.



Analoge Anzeigen wurden früher häufig verwendet, da sie intuitiv über den Signalpegel informieren können. Gebräuchlich waren auch Varianten mit der „0“ in der Mitte als Hilfe bei der Feinabstimmung im UKW-Bereich. Aber in den 1930er Jahren war dies keine brauchbare Lösung, denn diese Instrumente waren für Consumer-Produkte einfach zu teuer, da die nötige Empfindlichkeit wegen der damaligen Mechanik schwer zu erreichen war. Die einfachere Lösung war daher eine besondere Röhre: Das *Magische Auge*. Die erste Röhre mit magischem Auge war der Typ 6U5G von **Bild 1**. Es handelt sich um eine spezielle Triode, deren eigentliche Anode mit einem Ablenkgrid verbunden ist. Die Target-Anode ist die runde Metallkappe oben in der Röhre. Bei der Ablenkung handelt es sich um ein Metallgitter, das den Elektronenstrahl vom Target ablenkt. Beide Anoden haben eine gemeinsame Kathode. Das Steuergitter wirkt nur auf die eigentliche Anode. Bei einer Gitterspannung von etwa -20 V fließen keine Elektronen zur Anode und folglich kein Strom. Anode und Ablenkgrid haben das gleiche Potential. Der Elektronenfluss zum Target ist ungebremst und somit die Leuchtfläche maximal. Steigt die Spannung am Steuergitter auf 0 V, ist die Triode durchgesteuert und die Spannung am hochohmigen Anodenwiderstand sinkt fast auf Kathoden-Niveau. Jetzt ist das Ablenkgrid sehr negativ gegenüber



dem Target und viele Elektronen werden abgelenkt, was die leuchtende Fläche reduziert.

Ein magisches Auge ist vor allem für junge Leute sehr faszinierend. Dabei leuchtet eine fluoreszierende Schicht beim Target durch Elektronenbeschuss. **Bild 2** zeigt den Zusammenhang zwischen der Spannung am Steuergitter und dem Leuchtmuster. Bei sehr negativer Gitterspannung ergibt sich **Bild 2a** mit nur schmalen Schatten, da die Ablenkung kaum Elektronen vertreibt. Die leuchtende Fläche wird bei steigender Gitterspannung immer größer, bis schließlich bei etwa 0 V der Schatten wie in **Bild 2c** maximal wird. Solche Röhren gibt es in verschiedenen Ausführungen. Der Typ EM34 von Philips beispielsweise verwendet zwei Ablenkgrid, wodurch zwei Schattenflächen entstehen. Ebenfalls interessant ist der Typ DM70. Hier gibt es ein leuchtendes Band mit einem Punkt am Ende statt der Kreisabschnitte. Abgesehen von russischen Nachbauten, die schnell „einbrennen“, sind heute leider kaum noch Röhren mit magischem Auge erhältlich. Der Elektor-Autor Martin Ossmann hat mit dem Projekt *Magisches Auge am USB* (**Bild 3**) vom Januar 2010 [2] eine Brücke über mehr als 40 Jahre Elektronik-Geschichte geschlagen. Es gibt sogar Zeitgenossen, die das Glasgehäuse der Röhren öffnen und das magische Auge durch LEDs mit Mikrocontrollern etc. ersetzen. Das Ergebnis verliert in der Regel etwas von seiner Magie.

(150803)

Weblink

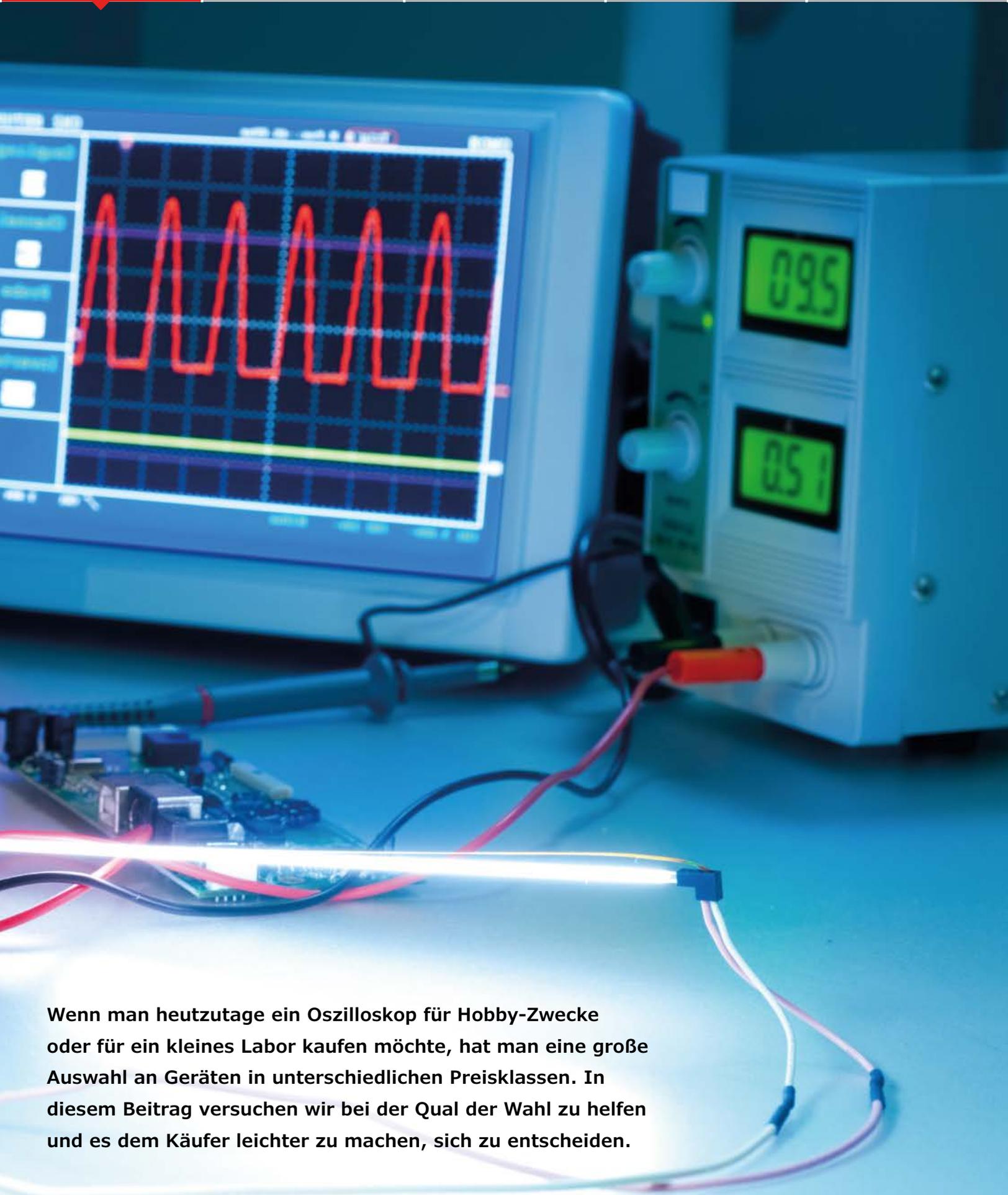
[1] www.r-type.org/articles/art-137.htm

[2] www.elektormagazine.de/090788

Welches Oszilloskop?

Entscheidungshilfe beim Kauf

Von Alfred Rosenkränzer (D)



Wenn man heutzutage ein Oszilloskop für Hobby-Zwecke oder für ein kleines Labor kaufen möchte, hat man eine große Auswahl an Geräten in unterschiedlichen Preisklassen. In diesem Beitrag versuchen wir bei der Qual der Wahl zu helfen und es dem Käufer leichter zu machen, sich zu entscheiden.



Bild 1. LeCroy ist ein Hersteller von High-End-Oszilloskopen. Im Lieferprogramm finden sich aber auch Einsteigermodelle wie der Typ WaveAce 1001 (Bild: Teledyne LeCroy).

Ein Oszilloskop ist nach dem Multimeter das wichtigste Messgerät jedes Elektroniklers und ergänzt sinnvoll andere grundlegende Geräte wie ein Labornetzteil und einen Funktionsgenerator. Die interessante Geschichte des Oszilloskops ist auf Wikipedia [1] nachzulesen. Seit dem Kauf eines HAMEG-Oszilloskops des Typs 412 im Jahre 1976 hat der Autor aktiv daran teilgenommen. Zunächst nutzte er ein Oszilloskop als bastelnder Schüler, dann als Student der Elektrotechnik, und anschließend hat er die Entwicklung während seiner 31-jährigen Tätigkeit als Entwicklungsingenieur mitverfolgt.

Das analoge Oszilloskop mit Kathodenstrahlröhre als Display ist inzwischen vom Markt verschwunden, und selbst das digitale Sample-Oszilloskop spielt nur noch eine Nebenrolle. Vorherrschend ist heute das digitale Oszilloskop mit LCD als Stand-Alone-Gerät und das USB-Oszilloskop ohne eigenes Display oder Bedienelemente. Neben den „traditionellen“ Firmen wie Keysight (HP => Agilent => Keysight) [2], Tektronix [3],

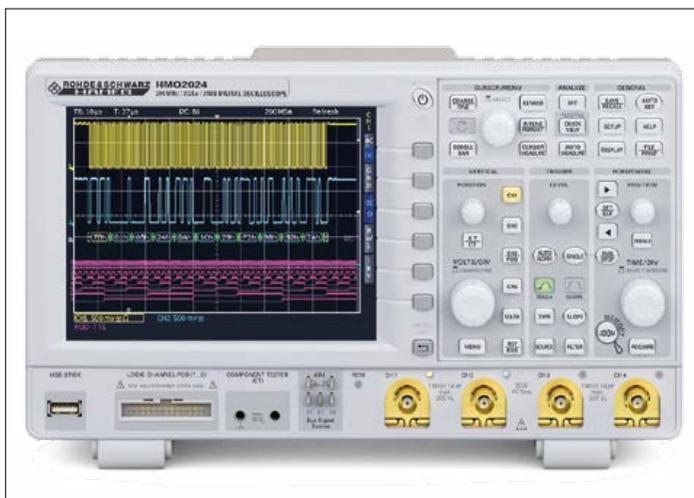


Bild 2. Das Modell HMO2024 von R&S/HAMEG bietet 4 Kanäle, 2 GS/s und einen Logic Analyser (Bild: Rohde & Schwarz).

LeCroy [4], Rohde & Schwarz (HAMEG) [5] drängen inzwischen taiwanische und chinesische Hersteller auf den Markt. Hersteller wie Philips und Hitachi sind schon ganz aus diesem Markt ausgestiegen.

Die aktuelle Vielfalt ist reichlich verwirrend. Allein die Website von Keysight zeigt 183 Modelle. Dieser Leitfaden zur Kaufentscheidung soll Sie bei Ihrer persönlichen Auswahl unterstützen.

Anzahl der Kanäle

Oszilloskope werden typischerweise mit 4 oder 2 vollwertigen Eingängen angeboten. Vollwertig bedeutet, dass bei diesen alle Funktionen vorhanden sind. Dazu zählen die Amplituden-Einstellung, die Umschaltung zwischen AC und DC, ein 50-Ω-Abschluss, die Verbindung mit Masse zur Offset-Einstellung, die Triggerung sowie eine Bandbegrenzung des Signals zur Rauschverminderung und die Signalinvertierung.

Neben den vollwertigen Kanälen gibt es in der Regel noch reine Triggereingänge mit eingeschränkter Funktionalität, die aus Platzmangel bei Vierkanalgeräten gelegentlich auf der Rückseite des Gerätes zu finden sind.

Im Gegensatz zu anderen Funktionen können Eingänge praktisch nicht nachgerüstet oder gar per Software hinzugefügt werden. Vier Kanäle sind zwar sicher kein übertriebener Luxus, doch da diese kosten, kommt es auch auf die typische Anwendung und die Bedürfnisse des Anwenders an.

Der Amplitudeneinstellung sollte man besondere Aufmerksamkeit widmen: Ein wählbarer Eingangsspiegel zwischen 10 V/Teilung bis 1 mV/Teilung (ohne Tastkopf) ist wünschenswert. Für höhere Spannungen eignen sich die handelsüblichen 10:1- oder 100:1-Tastköpfe.

Bei den sogenannten Mixed-Signal-Modellen gibt es zusätzlich 8 oder 16 digitale Eingänge für den integrierten Logic Analyser. Bei einigen Modellen sind diese Eingänge im Standardpaket enthalten, doch zur Nutzung muss man den entsprechenden Tastkopf nachkaufen. Bei anderen Geräten muss man sich vor dem Kauf entscheiden, ob man das braucht und auch dafür bezahlen möchte. Nachrüstung ist nicht immer möglich, aber wenn, dann eher teuer. Meine eigenen Erfahrungen damit sind eher gemischt.

Analoge Bandbreite und Abtastrate

Das Verhältnis von analoger Bandbreite und Abtastrate sollte mindestens 1:5, besser aber 1:10 betragen. Das Abtasttheorem fordert zwar nur den Faktor 2, doch eine vernünftige Signaldarstellung ist nur mit höheren Verhältnissen zu haben. Gerade bei diesem Aspekt hat es in den letzten Jahren dank schneller A/D-Umsetzer enorme Fortschritte gegeben, die dazu geführt haben, dass die spezielle Art des Sampling-Oszilloskops nur noch eine nebensächliche Rolle spielt. Neben der Anzahl der Kanäle bestimmt weitgehend die Abtastrate den Preis eines Gerätes.

Die kleinste Zeitbasis sollte zur Abtastrate passen (zum Beispiel 2 ns/div bei 2 GS/s). Hier kann man bei preiswerten Exemplaren auch Augenwischerei erleben. Wichtig ist, ob die maximale Abtastrate bei gleichzeitiger Benutzung aller Kanäle behalten bleibt, oder ob sie aufgeteilt wird und sich daher reduziert.

Displaygröße und Auflösung

Als Displays kommen heute generell farbige LCD-Anzeigen zum Einsatz. Es geht los bei 320x240 Pixeln mit 6" über mittlerweile übliche 800x600 Pixel bei 8" bis hin zum 15"-Display mit sehr hohen Auflösungen. Gerade bei preiswerten Geräten sollte man sich das Display genau ansehen, besonders von der Seite. Eine niedrige vertikale Auflösung von 240 Zeilen kann nicht einmal alle Stufen eines 8-bit-AD-Wandlers anzeigen. Außerdem gibt es sogar Geräte, die zwar Displays mit 640 x 480 Pixel haben, die aber elektrisch nur mit 320 x 240 Pixel angesteuert werden, wovon man schlicht nichts hat. Neben dem früher üblichen Seitenverhältnis 4:3 kommen immer mehr Displays im Format 16:9 zum Einsatz. Bei Breitbild-Displays hat man genügend Platz an der Seite für Softkeys oder Menüs. Bei etlichen Geräten kann man via VGA, DVI oder HDMI sogar einen größeren Monitor oder etwa einen Beamer für Präsentationszwecke anschließen - die nutzbare Bildschirmauflösung erhöht sich dadurch aber selten.

Auflösung der AD-Wandler

Üblich sind immer noch 8-bit-Chips, die dann die zur Verfügung stehende vertikale Auflösung des Displays nicht richtig nutzen. Erst bei teuren Geräten sind 10-bit-A/D-Umsetzer verbaut. Bei manchen höherpreisigen Exemplaren gibt es einen „High Resolution Mode“ mit 12 bit. Hier muss man allerdings prüfen, ob es Einschränkungen der Samplerate gibt, und ob es echte 12 bit sind oder schlicht interpoliert wird.

Speichertiefe

Je größer die Speichertiefe, desto längere Sequenzen kann man aufzeichnen, um anschließend ein spezielles Ereignis zu suchen (auf das man nicht triggern kann). Speicher an sich ist ja preiswert geworden. Hier gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass es sehr schneller Speicher sein muss, und der ist dann nicht mehr preiswert. Bezüglich Speicher gibt es Unterschiede in der Nachrüstbarkeit. Bei einigen Modellen ist der größere Speicher bereits verbaut und man kann ihn (gegen Geld) mit einem Code freischalten. Andere Oszilloskope müssen falls möglich hardwaremäßig nachgerüstet werden. Hierzu muss man das Gerät sogar oft einschicken.

Triggermöglichkeiten

Die Triggermöglichkeiten eines modernen Oszilloskops füllen nicht zu Unrecht viele Seiten der Bedienungsanleitung und gehen weit über die Möglichkeiten analoger Geräte hinaus. Man sollte recherchieren, ob auch die speziellen Modi vorhanden sind, die man benötigt. Komfortable Triggerung auf analoge Videosignale sind heute zwar in der Regel vorhanden, werden aber immer weniger gebraucht. Das Erkennen von Symbolen in seriellen Bitströmen oder bestimmter Wörter am digitalen Port ist heute sehr viel wichtiger geworden. Häufig kann man auch auf zu schmale, zu breite, fehlende und anderweitig nicht normale Impulse triggern.

Cursor-Messungen

Mit Hilfe der Cursors kann man sehr einfach Werte im Signal ermitteln. Hierzu gehören nicht nur absolute oder relative Spannungen, sondern auch das Timing. In der gehobenen Klasse lassen sich ein Cursor oder mehrere an die Kurvenform koppeln, um Messwerte zu bestimmten Zeitpunkten zu erfassen.

Automatische Messfunktionen

Moderne Oszilloskope bieten hier vielfältige Funktionen. Wechselspannungen kann man sich als Effektivwert oder Spitzenwerte anzeigen lassen. Standard sind auch gemittelte Gleichspannungen, positive und negative Spitzenwerte, Plusbreiten, Anstiegs- und Abfallzeiten, das Tastverhältnis, Over- und Undershoot, die Frequenz des Triggersignals und noch vieles mehr. Die meisten Werte könnte man auch mit dem Cursor messen, solange man das Oszilloskop manuell bedient. Ferngesteuert geht das aber oft nicht.

Betriebssysteme

Seit Oszilloskope mit Mikrocontrollern ausgestattet wurden, sind auch Betriebssysteme dort eingezogen. Zunächst (und vielfach auch heute noch) kochte jeder Hersteller sein eigenes Süppchen. Manchmal setzten sogar die diversen Produkte eines Herstellers nicht auf eine einheitliche Software-Basis. Selbst die Speicherung auf Diskette wurde früher in einem



Bild 3. Sogenannte Softkeys neben oder unter dem Bildschirm sind auch bei teureren Modellen Standard (Bild: Siglent).

besonderen Format erledigt, die ein PC nicht lesen konnte. Bei teureren Oszilloskopen wurden gerne sogar Industrie-PCs verbaut, samt allen damit verbundenen Vor- und Nachteilen. Man hatte dann typische PC-Schnittstellen samt PC-Speicher und -Rechenleistung zur Verfügung. Hier gab es keine Probleme mit den Datenformaten.

Die Nutzungsdauer eines Oszilloskops ist in der Regel deutlich länger als der Support eines PC-Betriebssystems gewährleistet ist. Deshalb werden auch heute noch Geräte unter Windows 95 benutzt, da ein moderneres OS den Austausch der Recheneinheit bedingen würde. Ein weiteres Risiko ist: Ein PC kann sich Viren einfangen. So schräg es klingt: Man sollte dann einen Virens scanner im Oszilloskop installieren und auch regelmäßig updaten.

Die Bootzeit eines PC-Oszilloskops ist in der Regel länger als die eines proprietären Systems (und scheint sich mit zunehmender Nutzungsdauer zu verlängern). Firmware-Upgrades kann man heute leicht per USB-Stick einspielen.



Bild 4. Sehr praktisch: Geräte mit größerer Front haben für alle Kanäle getrennte Bedienelemente (Bild: Tektronix).

Bedienkonzepte

Die vielfältigen Einstellmöglichkeiten verlangen nach einem durchdachten Konzept. Häufig benutzte Funktionen wie Amplitude, Offset, Zeitbasis, Trigger etc. sollten mit eigenen Bedienelementen veränderbar sein. Bei seltener genutzten Funktionen genügt die Einstellbarkeit über Menü.

Viele Geräte nutzen sogenannte Softkeys. Dabei handelt es sich um Tasten neben oder unter dem Bildschirm, auf dem dann die jeweilige Funktion angezeigt wird (Bild 3). Es gibt normalerweise keinen Touchscreen und auch die Bedienung per Maus ist fast nie vorgesehen, denn dieser Luxus scheint der Königsklasse vorbehalten, die mit den Budgets kleiner Labore inkompatibel ist. Wie intuitiv eine Bedienung ist, das merkt man leider meist erst nach einer Weile der praktischen Nutzung.

Auf einen Punkt soll besonders hingewiesen werden. Bei den einfacheren Geräten gibt es die Bedienelemente zur Einstellung von Amplitude und Offset oft nur einmal. Hier muss man zunächst den richtigen Kanal anwählen, bevor man die Einstellung vornehmen kann. Geräte mit größerer Front haben aber häufig für alle Kanäle getrennte Bedienelemente (Bild 4). Dies ist zu bevorzugen, denn bei den simpler ausgestatteten Geräten vertut man sich gerne.

So gab es vor Jahren von HP ein an sich gutes Oszilloskop, dessen Bedienkonzept allerdings vermutlich ein „theoretischer Informatiker“ entworfen hatte, der nicht viel Ahnung vom prak-

tischen Messen zu haben schien. Den verbesserten Nachfolger bewarb der Hersteller dann selbst mit „alle Bedienelemente am richtigen Platz“.

USB-Geräte

Diese Geräte setzen bezüglich Bedienung und Bildschirm auf einen angeschlossenen PC, der neben der Anzeige auch die Steuerung und manchmal sogar die Stromversorgung der Hardware übernimmt. Heute gibt es sogar USB-Oszilloskope, die für die Verwendung mit einem Tablet optimiert sind. Diese portablen Geräte sind für den Outdoor-Einsatz und für Kundenbesuche sehr praktisch. Ein Laptop oder Tablet hat man dann in der Regel eh dabei. USB-Oszilloskope gibt es auch in der gehobenen Preislage mit hohen Sampling-Frequenzen von renommierten Herstellern. Das in Bild 5 zu sehende Model von Pico mit 5 GS/s ist so ein Gerät. Im Labor bevorzugen viele Entwickler aber doch gerne ein „richtiges“ stationäres Oszilloskop. Speziell für den Field Service gibt es optimierte Mobilgeräte mit Bildschirm und Bedienelementen (Bild 6).

Schnittstellen zur Fernsteuerung

Ein Digitaloszilloskop eignet sich sehr gut als Messgerät in einem automatisierten Messaufbau. Ein zentraler Computer veranlasst die Messungen und holt die Daten ab. Dies geschieht oft auch im Verbund mit anderen Messgeräten und/oder Umschaltboxen. Hierzu sind natürlich die zuvor erwähnten automatischen Messfunktionen sehr hilfreich. Aufgenommene Kurven können komplett an den Host übertragen werden. Bei komfortableren Oszilloskopen können sogar Toleranzbereiche für die erwarteten Kurvenformen definiert werden, und das Oszilloskop meldet dann nur eine Verletzung dieses Bereiches. Diese Technik erspart die Übertragung der gesamten Daten an den Host und reduziert damit die für die Auswertung nötige Zeit.

Anfänglich wurde häufig auf die GPIB-Schnittstelle gesetzt. Sie verwendet parallele Datenübertragung, doch ihre massiven Stecker und Kabel sind recht teuer. Ein Vorteil war, dass man GPIB von einem Gerät zum nächsten durchschleifen konnte. Die Messgeräte musste man lediglich auf verschiedene Adressen einstellen. Um Masseschleifen in größeren Messaufbauten zu vermeiden, gibt es spezielle GPIB-Isolatoren.

HAMEG nutzt die gute alte RS232-Schnittstelle. Sie ist aber langsam und kaum noch an neueren PCs und schon gar nicht an Laptops zu finden. Inzwischen dominiert nicht ohne Grund die USB-Schnittstelle. Ihr Nachteil ist die fehlende Massentrennung, doch auch hierfür gibt es mit USB-Isolatoren gangbare Lösungen. Letztere haben allerdings einen Nachteil: Die erhaltenen DC/DC-Wandler können Störsignale produzieren.

Die typische USB-Schnittstelle auf der Frontseite des Oszilloskops dient zur Speicherung von Messergebnissen, Wellenformen oder Setups auf einen USB-Stick. Eine USB-Schnittstelle auf der Rückseite dient meistens zur Steuerung des Gerätes.

Mathematikfunktionen

Bei den meisten modernen Geräten gibt es die Möglichkeit, angezeigte Kurvenformen mathematisch miteinander zu verknüpfen. Dies geht weit über die Möglichkeiten analoger Oszilloskope wie bloßes Addieren, Invertieren und Subtrahieren hinaus. Es können oft auch FFT-Spektren berechnet werden. Allerdings ist diese integrierte Funktion kein vollständiger Ersatz für einen „richtigen“ Spektrum-Analyser, denn die Auflösung



Bild 5. High-End-USB-Oszilloskop von Pico mit 5 GS/s und USB-3.0-Anschluss (Bild: Pico Technology).

der 8-bit-AD-Wandler beschränkt den Dynamikbereich doch arg. Bei Modellen mit PC-Betriebssystemen kann man auch Software-Pakete zu Hilfe nehmen.

Tastköpfe

Ein Oszilloskop misst den Verlauf von Spannungen über der Zeit. Die Eingänge sind meistens mit einer bewährten und HF-tauglichen BNC-Buchse ausgestattet. Die typische, Eingangsimpedanz ist $1\text{ M}\Omega$ mit einer Parallelkapazität im Bereich von $10\text{...}15\text{ pF}$. Pro Eingangskanal gehört meistens ein 10:1-Tastkopf zum Lieferumfang. Seine Bandbreite sollte nicht kleiner

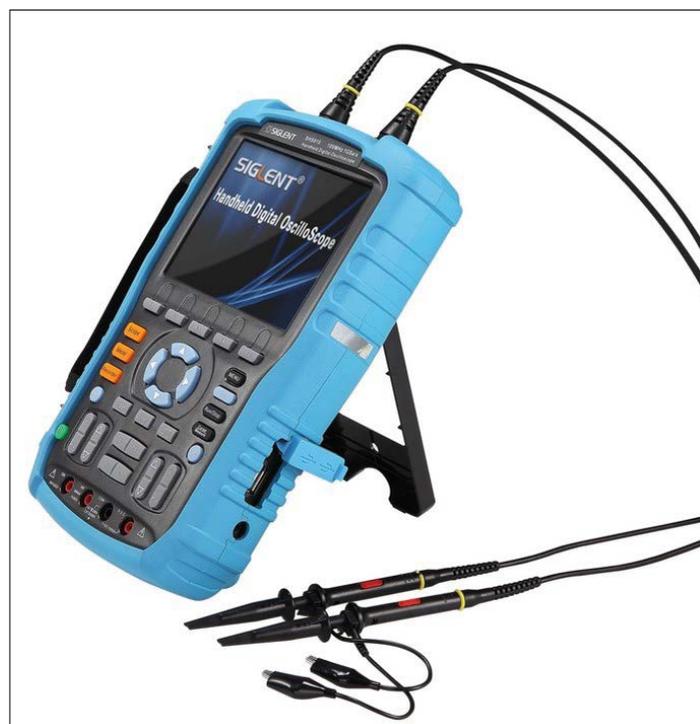


Bild 6. Ein portables Oszilloskop bietet alle üblichen Funktionen in einem kleinen Gehäuse (Bild: Siglent).

als die des Oszilloskops sein. Ein 10:1-Tastkopf erhöht den Eingangswiderstand auf $10\text{ M}\Omega$ bei leicht reduzierter Kapazität. Man beachte: Bei HF-Anwendungen ist eher die Kapazität die relevante Größe.

Um hohe Spannungen zu messen gibt es zudem auch 100:1- und sogar 1000:1-Tastköpfe. Oszilloskope erkennen in der Regel an einem zusätzlichen Kontakt, der über einem Widerstand mit Masse verbunden ist, welche Art von Tastkopf angeschlossen ist und passen die Anzeige automatisch daran an. Zusätzliche Kontakte am BNC-Stecker dienen der Stromversorgung aktiver Tastköpfe - allerdings nicht genormt und daher vom Hersteller abhängig.

Zur Messung schneller, differentieller Signale gibt es passende aktive Tastköpfe. Zur Strommessung eignen sich Stromzangen. Über entsprechende Interfaces gibt es bezüglich der Erfassung anderer Größen wie Temperatur, Beleuchtung etc. kaum Grenzen. ◀

(150769)

Weblinks

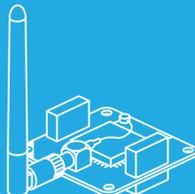
- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Oszilloskop>
- [2] www.keysight.com
- [3] www.tek.com
- [4] <http://teledynelecroy.com/>
- [5] www.rohde-schwarz.com

Anzeige



www.tinkerforge.com





WiFi



GPIO



Temp



Light



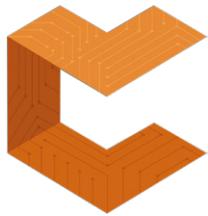
Camera



MCU

- **Baukasten**
für professionelle Bastler
- **17 Programmiersprachen**
für alle Plattformen

- **70 Module**
für alle Anwendungen
- **Open Source**
Made in Germany



CIRCUITMAKER

Tipps & Tricks (1)

Von **Neil Gruending** (Kanada)

Kennen Sie CircuitMaker, das freie Layout-Tool für Platinen von Altium? Es hat Vieles mit Altium Designer gemeinsam und zielt auf Open Hardware und die Maker-Community. In dieser Folge gibt es eine Einführung in das Produkt und die Community-Vault sowie Einblicke in die Octopart-Library. Los geht's!

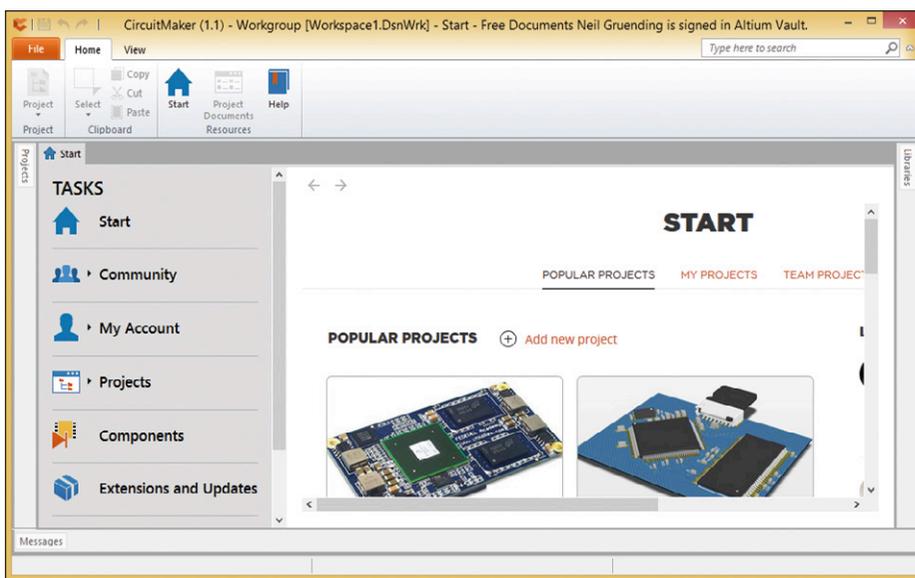


Bild 1. Startfenster von CircuitMaker.

Eine der besten Eigenschaften von CircuitMaker ist, dass es kostenlos ist, wenn man sich auf der CircuitMaker-Webseite [1] registriert hat. Im ersten Beitrag dieser dreiteiligen Serie geht es zunächst um die Besonderheiten.

Komplett „open“

CircuitMaker ist schon als offene Software angelegt und dient dem Teilen von Open-Hardware-Projekten. Bei jedem Start von CircuitMaker wird man mit der CircuitMaker-Community verbunden (siehe **Bild 1**), wo man eine Liste von anderen populären Projekten und die eigenen Projekte findet. Alle Projekte werden in der *Community Vault* abgelegt und stehen frei zur Verfügung.

Das Teilen von Projekt-Dateien ist ein erster Schritt. Doch was ist mit den verwendeten Bauteile-Libraries, die bei der Erstellung der Dateien verwendet wurden? Oft steckt gerade hierin viel Arbeit und vielfach sind genau diese Libraries für die weitere Verwendung der Dateien essentiell. Aus diesem Grund werden auch die Bauteile-Informationen offen zugänglich in

der Vault abgelegt.

Aber keine Angst: So automatisch funktioniert das Teilen auch wieder nicht. CircuitMaker erlaubt natürlich auch private Projekte, die mit diesen Libraries arbeiten. Wenn man mit einem Entwurf fertig ist, kann man das Projekt immer noch öffentlich machen, um den Platz für private Projekte frei zu machen.

Community Storage

Die Community-Vault ist mehr als ein gewöhnliches Online-Dateisystem, denn es ist speziell für die Zusammenarbeit mit einer Versionsverwaltung gemacht. Genau das macht die Software zur leistungsfähigen Community-Plattform. Ein Beispiel ist das Projekt-Team-Feature von **Bild 2**: Hier kann man neue Mitglieder zum Team hinzufügen. Diese Mitglieder erhalten Zugriffsrechte, die festlegen, was sie mit den Projekt-Dateien machen können (z.B. editieren). Ein weiteres

Team-Feature ist, dass alle Projektaktivitäten anderer Mitglieder auf der Startseite des CircuitMaker-Workspaces angezeigt werden. So sieht man sofort, wie es um das Projekt steht.

Das Vault-Versionssystem ist direkt in CircuitMaker integriert, was die Bedienung erleichtert. Für die Arbeit an einem Projekt erledigt CircuitMaker die entsprechenden Downloads und legt die Dateien in einem lokalen Cache auf dem PC ab. Hier kann man sie editieren und ganz normal sichern, wobei die Vault benachrichtigt wird, welche Dateien geändert wurden. Diese Änderungen werden aber erst hochgeladen, wenn man dies per Befehl *Commit Projekt* veranlasst. In der Vault werden dann immer neue Versionen der Dateien generiert, sodass keine der früheren Änderungen verloren gehen. Man kann dabei auch kurze Nachrichten hinterlassen, um die Änderungen zu kommentieren. Beispielsweise ist „Added a green status LED“ gehaltvoller als „Revision 32“. Wenn man zu einer früheren Version zurückgehen oder Änderungen rückgängig machen möchte, benutzt man den Befehl *Revert*, um aus allen gesicherten Versionen eine auszuwählen.

Dateiversionen sind besonders bei der Team-Arbeit unverzichtbar, da die akzeptierte Version die jeweils letzte Version in der Vault sein sollte. Solange ein Mitglied des Teams an einer Datei arbeitet, wird diese auch während der lokalen Bearbeitung gesperrt. Dies verhindert parallele Bearbeitungen und das Überschreiben einer Version durch eine andere. Nach einem Vault-Update sind die Dateien anderer Mitglieder zunächst nicht synchronisiert, dieser *Conflict* genannte Zustand bleibt bestehen, bis diese ihre Files mit dem Befehl *Update* aktualisiert haben.

Die Vault unterstützt auch Projekt-Forks wie in **Bild 3**. Dies ermöglicht die Genese abgeleiteter Versionen, ohne dass dadurch die eigene Version gestört wird. Der Begriff Forking bezieht sich darauf, dass ein neues Projekt die Kopie des alten bis zum Zeitpunkt der Verzweigung enthält. Änderungen am Fork-Projekt geschehen ab dem Forking nur da und wirken nicht auf das Original-Projekt zurück. Forking sollte mit Bedacht erfolgen, denn es ist nicht möglich, die entstandenen Forks wieder zu kombinieren oder zu vereinen.

Ein wichtiger Aspekt des Vault-Versionssystems sind Snapshots, die in CircuitMaker-Terminologie *Releases* genannt werden. Ein Release ist eine Referenz zu einer Projekt-Version in der Vault, die im Tab *Project Releases* aufgelistet werden. Ein Release kann nicht mehr geändert werden, doch es eignet sich sehr gut, einen Projekt-Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt mit allen zugehörigen Dateien zu konservieren.

Octopart-Libraries

Bauteile-Libraries sind zu Recht gefürchtet, da es viel Mühe kostet, sie zu erstellen und zu warten. Der übelste Aspekt ist, dass Bauteile wieder und wieder von verschiedenen Nutzern angelegt werden. CircuitMaker begegnet diesem Problem durch eine öffentliche und zentrale Library in der Community-Vault, die wie **Bild 4** gezeigt mit Octopart [3] verlinkt ist.

Sucht man in CircuitMaker nach Bauteilen, dann erhält man eine Trefferliste aus der Octopart-Datenbank. Dies ist eine großartige Ressource, denn sie enthält nahezu alle vorstellbaren Bauteile mit detaillierten technischen Infos, Hersteller, Preisen und Lieferbarkeit. Diese Informationen werden zusammengefasst im Libraries-Panel von CircuitMaker angezeigt, sodass man das gewünschte Teil bequem auswählen kann. Wenn es schon existiert, dann erhält es eine Referenz zum jeweiligen Bauteil in der Community-Vault, sodass man es problemlos im Projekt verwenden kann. Im anderen Fall kann man ein neues Bauteil für die Vault erzeugen, das mit jedem geteilt werden kann. Auf diese Weise arbeitet die CircuitMaker-Community ständig an der Erweiterung und Verbesserung der verfügbaren Bauteile in der Library.

Keine Angst: Wenn das gesuchte Bauteil nicht in der Octopart-Library zu finden ist, kann man mit CircuitMaker einfach ein eigenes Bauteil für das Projekt erzeugen. Diese Bauteile werden dann zwar mit dem Projekt geteilt, aber sie werden nicht Bestandteil der Octopart-Library.

All diese Eigenschaften machen CircuitMaker zu einer interessanten Community-Plattform. In der nächsten Folge wird ein Projekt angelegt, die zugehörige Schaltung erzeugt und alles für das Platinen-Layout vorbereitet. ◀

(150741)

Weblinks

- [1] www.circuitmaker.com
- [2] <http://documentation.circuitmaker.com/display/CMAK/Projekt+Management+in+CircuitMaker>
- [3] <https://octopart.com/>
- [4] <http://documentation.circuitmaker.com/display/CMAK/Komponente+Management+in+CircuitMaker>

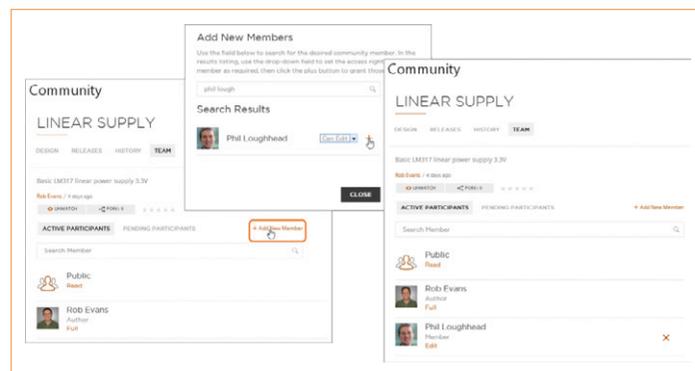


Bild 2. Hinzufügen von Mitgliedern zum Projekt-Team [2].

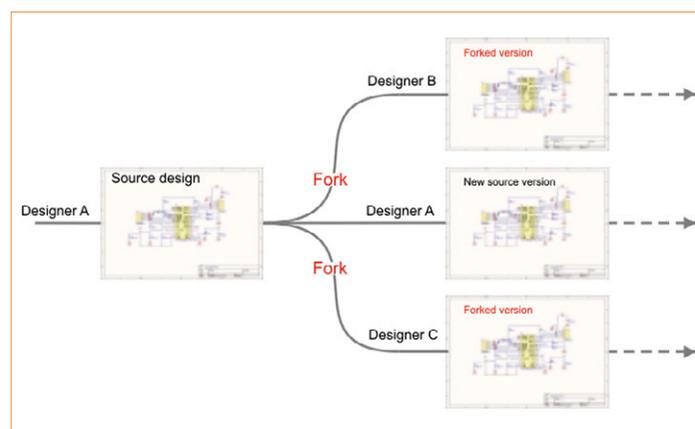


Bild 3. Projekt-Forks [2].

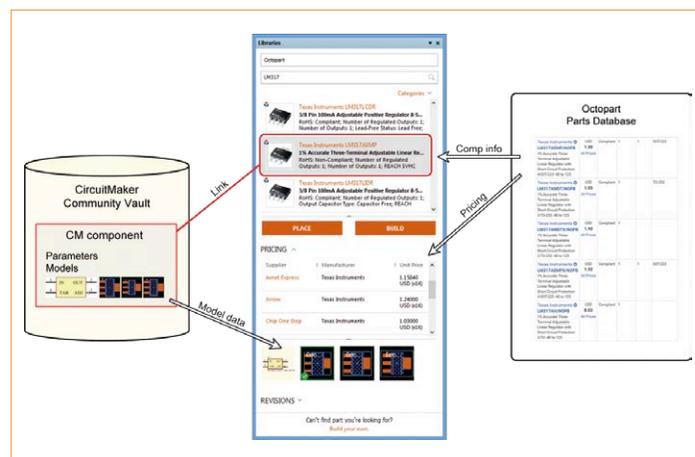


Bild 4. Die Bauteile-Library von CircuitMaker [4].

Q&A

(Fast) alles, was Sie schon immer wissen wollten über...

Planes bei

Q Was ist eine Plane?

A Unter einer Plane versteht man eine große Kupferfläche auf einer Platine zur Reduktion elektrischer Störsignale. Sie erleichtert außerdem das Routing (siehe **Bild 1**). Bei einigen Platinen wird eine komplette Kupferlage bzw. ein ganzer Layer als Plane verwendet. Manchmal aber nimmt man nur soviel Kupferfläche wie nötig. Planes sollten immer mit einem definierten Potential wie etwa Masse oder einer Schiene der Versorgungsspannung verbunden sein, um ihren Zweck zu erfüllen.

Fast alle Software-Pakete zum Platinen-Layout ermöglichen Planes, indem Layern ein Netz zugewiesen werden kann. Es gibt sogar Mixed-Signal-Planes, bei denen normale Leiterbahnen quer durch eine Plane laufen. Die Software füllt dann die ungenutzte Fläche mit Kupfer. **Bild 1** zeigt solche Kupferflächen mit mehrfachen Planes und Leiterbahnen, die maximale Flexibilität erlauben. Für Masse-Planes ist das Ganze zwar weniger geeignet,

doch ist es eine gute Lösung für Schaltungen, die mehrere Versorgungsspannungen benötigen.

Q Gefüllt oder gemustert?

A Planes bestehen aus einer komplett gefüllten Kupferschicht oder sind regelmäßig durch ein Füllmuster wie in **Bild 2** unterbrochen. Was besser ist, lässt sich nicht pauschal sagen. Normalerweise wählt man geschlossene Kupferflächen, doch für eine Plane mit reduzierter Kapazität ist ein Füllmuster besser.

Unabhängig von der Füllung ist ein Grundgesetz der Elektronik, dass Strom den Weg des geringsten Widerstands von der Quelle zum Verbraucher (Source Current) und wieder zurück (Return Current) geht. Eine Plane bietet einen kurzen direkten und niederohmigen Strompfad, was Störungen minimiert und der Signalqualität zuträglich ist. **Bild 3** zeigt die Situation, wenn der Stromkreis Quelle-Verbraucher für die Rückleitung eine Masse-Plane verwendet. Die volle Kupferfläche erlaubt den

kürzesten und niederohmigsten Rückweg, da der Strom dann direkt unter der Zuleitung fließt. Ein Füllmuster zwingt dem Strom wegen der Löcher im Kupfer kleine Umwege auf, was elektrisch und bezüglich Störungen nicht so ideal ist.

Q Spannungsschiene oder Masse – ist das nicht egal?

A Bei der vorherigen Frage ging es um eine Masse-Plane in **Bild 3**. Das gleiche Resultat kann man bei der Verwendung von Planes für die Spannungsschienen erzielen. Ströme nehmen immer die kürzeste, niederohmigste Strecke. Deshalb sollte man Leiterbahnen so nahe wie möglich zur gleichen Plane verlegen. Jede Unterbrechung der Plane oder Layer-Wechsel zu anderen Planes sollten soweit möglich vermieden werden (siehe **Bild 4**). Die linke Seite zeigt eine Leiterbahn, die über Vias (Durchkontaktierungen) auf beiden Seiten einer Plane verläuft, und der Strom fließt ganz ideal direkt zurück zur Quelle. Rechts hingegen verläuft die Leiterbahn entlang von zwei

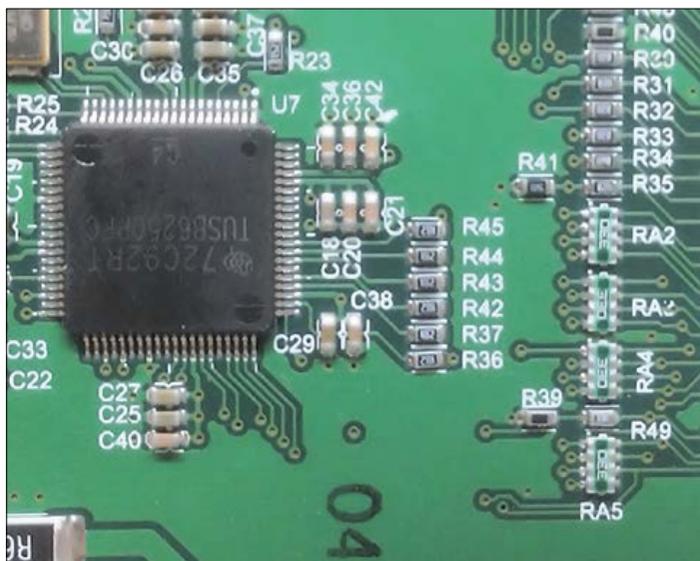


Bild 1. Plane-Beispiel.

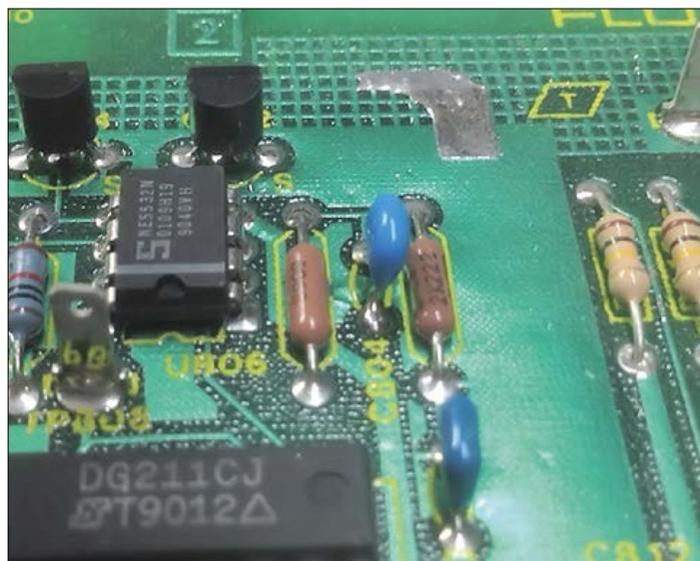


Bild 2. Plane mit Muster (oben) und ausgefüllt (unten).

Von Neil Gruending (Kanada)

Planes sind bei Platinen für vielerlei Zwecke gut. Deshalb lohnt es sich, einmal genauer hinzuschauen und die Details zu würdigen.

Platinen

verschiedenen Planes, weshalb hier der Rückstrom nicht entlang einer direkten Linie fließt, da es keinen Pfad zwischen den beiden Planes gibt. Daher wird sich der Strom rechts einen eher indirekten Weg zurück suchen, was Störabstrahlungen etc. verursachen kann.

Q Wozu Planes verwenden?

A Es gibt verschiedene Anwendungen: Üblich ist die Verwendung von Planes für Masse und Stromversorgung. Dieses Vorgehen vereinfacht das Platinen-Layout beträchtlich, da man so an jeder Stelle sowohl Masse als auch die Versorgungsspannung in der Nähe hat, und daher leichter Platinen mit hoher Bauteildichte layouten kann. Außerdem bilden die Planes für Masse und Versorgungsspannung(en) zwischen sich Kapazitäten aus, weshalb man sie mit möglichst kleinem Abstand realisiert. Dies verbessert die HF-Eigenschaften einer Platine. Eine weitere Anwendung ist die Erzeugung bestimmter Impedanzen von Leiterbahnen, indem man sie entsprechend breit macht und den Abstand zur Plane passend wählt (siehe **Bild 5**). Dies ist für schnelle digitale und analoge HF-Signale relevant, denn Impedanzänderungen generieren Reflektionen und Signalverzerrungen. Die Plane lenkt mit abnehmendem Abstand mehr des elektrischen Felds der Leiterbahn auf sich, was die Impedanz senkt. Durch höhere Kapazität mit breiteren Leitern sinkt die Impedanz ebenfalls. Es gibt verschiedene Berechnungsverfahren für die Impedanz, doch handelt es sich nur um Annäherungen. Wenn die Impedanz eine Rolle spielt, empfiehlt sich die Verwendung eines Simulators. Planes unterstützen auch die Signalintegrität, da sie die Stromschleifen möglichst kurz halten (siehe **Bild 6**). Die Plane mit der Teilunterbrechung durch einen Schlitz zwingt dem Rückstrom einen Umweg auf,

was die Stromschleife vergrößert. Dennoch ermöglichen Planes immer noch die bestmöglichen Strompfade.

Planes sind gerade bei Platinen mit großen Strömen interessant. Hier verbindet man die relevanten Bauteile möglichst mit kleinen Kupferflächen. Je größer die Fläche, desto geringer der Widerstand und desto höher die Strombelastbarkeit. Planes reduzieren zudem den thermischen Widerstand einer Platine, weshalb dann die Platine selbst als Kühlkörper für die darauf verlöteten Bauteile dient. ◀

(150681)

Weblinks

- [1] www.sigcon.com/Pubs/edn/strmicromodes.htm
- [2] www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/4636

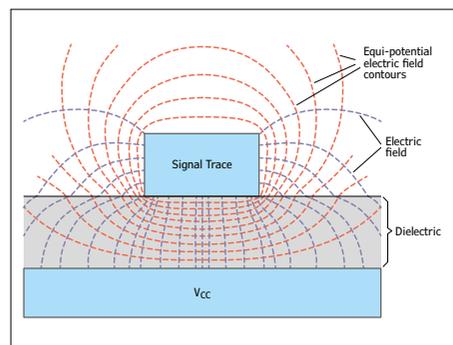


Bild 5. Impedanzkriterien einer Leiterbahn [1].

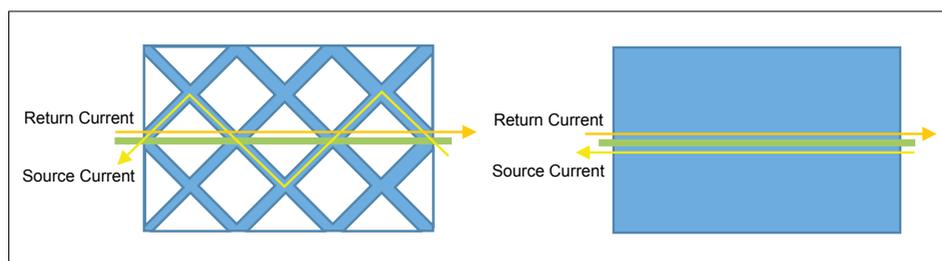


Bild 3. Stromfluss bei Plane mit Muster (links) und ausgefüllt (rechts).

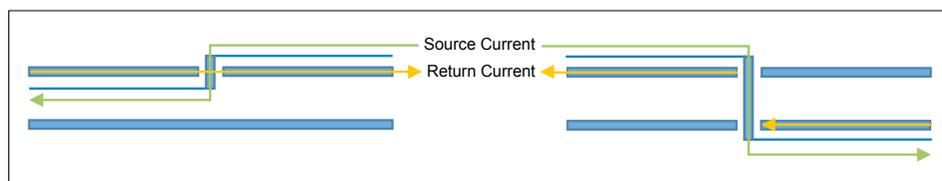


Bild 4. Routing bei Planes.

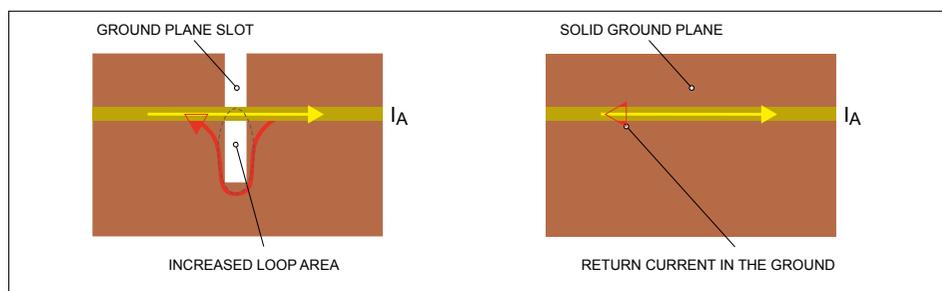
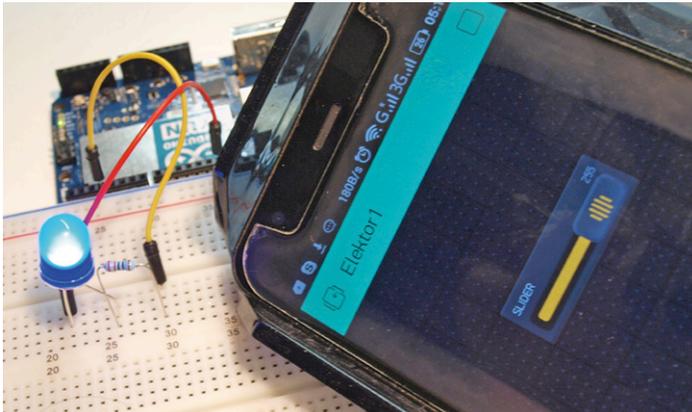


Bild 6. Stromfluss bei geschlitzter Plane (links) und ohne Schlitz (rechts) [2].

Android trifft Arduino

Das Steuerungs-Framework Blynk

Von **Tam Hanna**



Vom Handy steuerbare Gadgets sind der letzte Schrei, und mit WLAN-fähigen Boards wie dem Arduino Yun funktioniert das auch drahtlos. Allerdings müssen sich Entwickler mit den Netzbibliotheken des Controllerboards und auch mit der Programmierung des Smartphones auskennen. Blynk verspricht hier Abhilfe, denn es kapselt die Kommunikation auf beiden Seiten. Auf dem Smartphone kommt man sogar ganz ohne eigenen Code aus.

Damit das Ganze funktioniert, benötigt Blynk einen Server im Netz, über den die Kommunikation abgewickelt wird. Eine auf dem unter Android oder iOS laufenden Smartphone befindliche App baut als Client eine Verbindung auf. Das Controllerboard wird mit einer Firmware ausgestattet, die ebenfalls auf den Server zugreift (**Bild 1**). Die Handy-App ist mit einem GUI-Stack ausgestattet; Benutzeroberflächen und ganze Applikationen lassen sich mit minimalem Aufwand zusammenklicken. Allerdings hat Blynk

auch einen Nachteil, nämlich die Latenz der Steuerung.

Erste Schritte

Blynk bringt Voreinstellungen für diverse Controllerboards mit. Für einfache Experimente genügt sogar ein Arduino Uno, den man mit einem PC als „Gateway“ via USB verbindet. Der Arduino Yun ist in vielerlei Hinsicht die Königslösung. Ist sein Linux-Teil erst mit einem WLAN verbunden, so geht die Kommunikation kabellos und ohne weiteren Ärger von sich.

Bild 2 zeigt, wie das Fenster nach erfolgreicher Parametrierung aussieht. Die kryptische Zeichenfolge im Screenshot ist das Authentifizierungs-Token, das Sie für das Projekt zugeteilt bekommen haben. Mit dieser weltweit eindeutigen ID wird sich Ihr Controllerboard später ausweisen.

Ein Klick auf den Create-Knopf bringt Sie in die Designansicht. Klicken Sie in den leeren „Formularbereich“, um das Fenster zum Einfügen neuer Steuerelemente aufzurufen – wählen Sie nun beispielsweise einen Slider aus und platzieren Sie ihn per Drag & Drop an einer beliebigen Stelle auf dem Bildschirm (**Bild 3**). Das Antippen öffnet das in **Bild 4** gezeigte Detailfenster, in dem Sie den anzusteuern den Pin Ihres Controllerboards auswählen dürfen. Nach dem Schließen gelangen Sie wieder in den Formularbereich der App. Versetzen Sie die App nun durch Anklicken des auf der oberen rechten Bildschirmkante befindlichen Play-Symbols in den Run-Modus. Die Steuerelemente sind ab sofort „scharf geschaltet“.

Arduino-Code

Auf Seiten der Arduino-IDE muss die unter [2] zum Download bereitstehende Blynk-Bibliothek heruntergeladen werden. Wer den Downloadbutton auf der

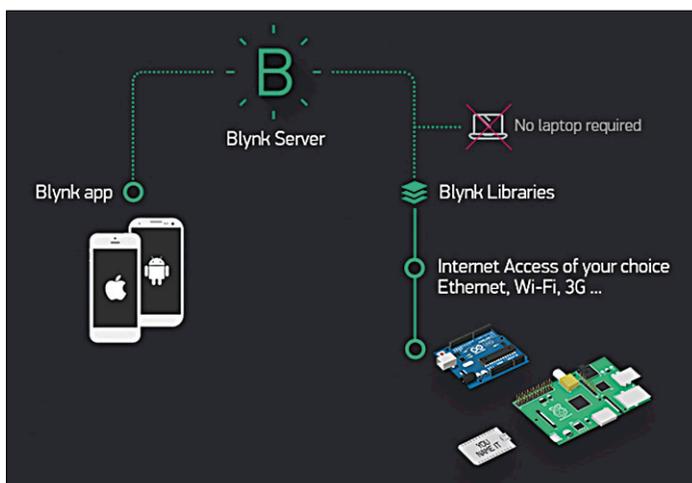


Bild 1. Die Blynk-Architektur ist vergleichsweise einfach (Bildquelle: <http://docs.blynk.cc>).

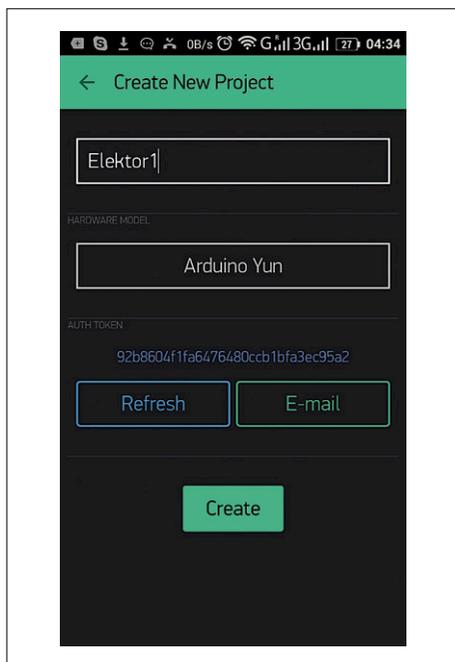


Bild 2. Die kryptische Zeichenfolge in der Mitte ist das Authentifizierungs-Token. Mit einem Klick auf den Button „E-Mail“ wird es an den eigenen PC gesandt.

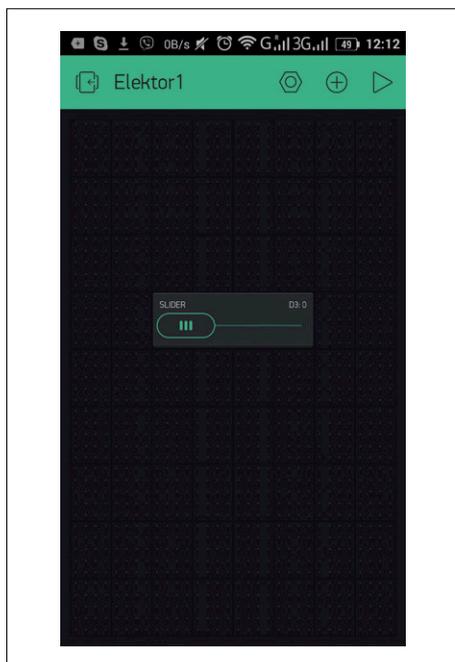


Bild 3. Ein Slider ist das einzige Element der ersten selbst erstellten Benutzeroberfläche.

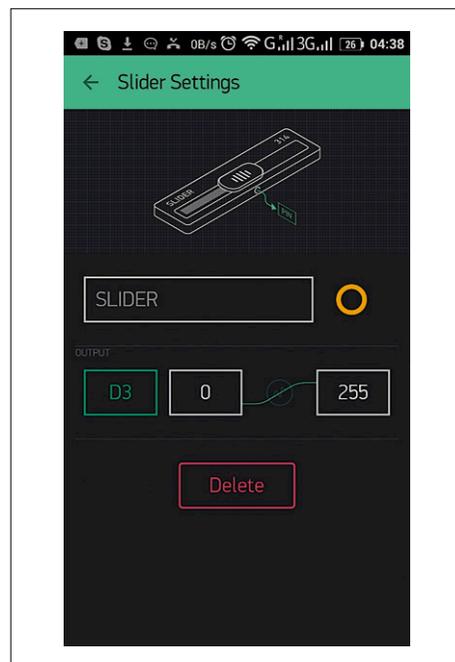


Bild 4. D3 ist der Pin, den wir mit dem Slider steuern.

Hauptseite benutzt, handelt sich allerdings Ärger ein, da die angebotene Version mit aktuellen Ausgaben der Arduino-IDE nicht funktioniert.

Öffnen Sie die URL stattdessen in einem Browser ihrer Wahl, und klicken Sie auf den im **Bild 5** hervorgehobenen Button „Download ZIP“.

Klicken Sie in der Arduino-IDE sodann auf *Sketch* → *Include Library* → *Add .zip library*, und wählen Sie das Archiv *Blynk-library-master.zip* aus. Nach dem erfolgreichen Einfügen steht die Bibliothek in der Bibliotheksliste unter dem Eintrag „Blynk“ zur Verfügung.

Ersetzen Sie den Code des Sketches im nächsten Schritt durch den Inhalt von **Listing 1** (Download aller Listings unter [3]). Achten Sie dabei darauf, den Wert von `auth[]` an den auf ihrem Handy angezeigten Wert anzupassen – ist dies nicht der Fall, so steuern Sie den im Labor des Autors sitzenden Arduino Yun ;-).

Wer Blynk direkt über das Librarymenü einbindet, wird mit einer Vielzahl von nicht kompilierbaren Headern belohnt. Für grundlegende Übungen mit dem Arduino Yun brauchen wir nur *Bridge.h* und *Blynk-SimpleYun.h*, so wie im Listing gezeigt. Das Setzen der `BLYNK_PRINT`-Konstante

sorgt dafür, dass die Bibliothek im Betrieb weitere Debuggerinformationen nach außen bläst. Wenn Sie vom Funktionieren ihrer Netzwerkverbindung überzeugt sind, so können Sie das Flag ersatzlos streichen und so einige Bytes einsparen. Der Rest des Codes ist supereinfach. Blynk braucht sowohl im Rahmen der Initialisierung als auch bei der eigentlichen Programmausführung Rechenleistung. Diese wird über die Methoden `begin()` bzw. `run()` zugewiesen.

Versetzen Sie die Handy-Applikation nach der Programmierung des Arduinos kurz in den Stopmodus, um sie daraufhin wieder zu starten. Eine über einen entsprechenden Vorwiderstand mit dem Pin D3 verbundene LED lässt sich dann ohne Probleme steuern. Bei Verbindungsproblemen helfen die Angaben, die auf dem seriellen Monitor erscheinen.

Was passiert hier?

Der Arduino Yun nutzt sein WLAN-Mo-

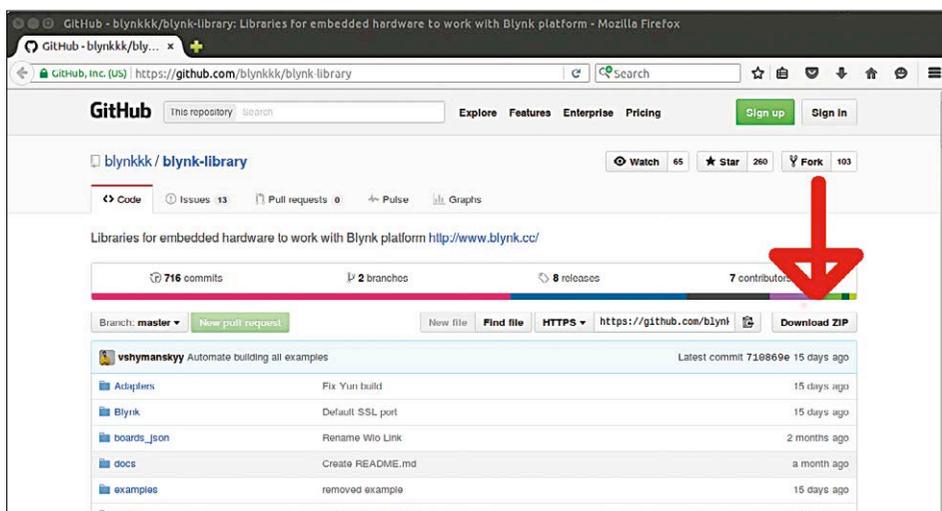


Bild 5. Dieser Button lädt das gesamte Archiv herunter.

dul zum Aufbau einer Verbindung zu einem von Blynk bereitgestellten Server, der ihn anhand des übergebenen Auth-Strings eindeutig identifiziert. Auf Seiten des Smartphones passiert im Grunde genommen dasselbe – der einzige Unterschied liegt darin, dass hier statt einer C-Applikation Android/Java bzw. Objective C zum Einsatz kommen.

Die eigentliche Kommunikation erfolgt durch den Austausch von textbasierten Befehlen. So lassen sich GPIO-Pins durch den `pm`-Befehl ausrichten, dessen Parameter durch Nullbytes getrennt werden. Die unter [4] einsehbare Dokumentation hilft (im Zusammenspiel mit der quelloffenen Blynk-Bibliothek für den Arduino) bei ersten Schritten. Will ein System partout nicht funktionieren, so erweist sich nach Erfahrung des Autors ein Netzwerkniffer als hilfreich.

Interessanterweise setzt Blynk nicht unbedingt eine Verbindung zum Internet voraus. Der in Java geschriebene Server wird von Seiten des Entwicklers unter [5]

zum Download bereitgestellt – zur Ausführung genügt ein beliebiger Rechner, der eine Runtime für Java 8 aufweist. Nach der Installation muss die Smartphone-App durch Anklicken der in der Abbildung hervorgehobenen Ampel mit dem neu erstellten, eigenen Server verbunden werden (**Bild 6**). Auf Seiten der Arduino-Firmware ist eine kleine Änderung erforderlich. Der Aufruf von `Blynk.begin` muss mit Hostname und/oder IP-Adresse ausgestattet werden:

```
Blynk.begin(auth, "your_host");
Blynk.begin(auth,
IPAddress(xxx,xxx,xxx,xxx));
```

Virtuelle Pins

Von einem Telefon aus direkt einzelne Pins zu schalten ist nicht unbedingt immer wünschenswert. Wir haben keine Latenzmessungen gemacht, aber es ist klar, dass der Weg über den Server nicht wirklich effizient ist. Blynk lindert dieses Problem durch „virtuelle Pins“. Virtuelle Pins sind eigentlich nichts anderes als Variablen, die in der Arduino-Software gesetzt

und ausgelesen werden können. Hierfür werden Strings zwischen der Handy-App und dem Arduino ausgetauscht. Zwar gibt es auch dabei eine kleine Verzögerung, doch kann der Arduino auf Befehl nun zum Beispiel gleich mehrere Pins schalten oder beliebigen anderen Code ausführen.

Auch das wollen wir anhand eines Beispiels testen; statt einer einzelnen LED an D3 verbinden wir nun eine RGB-LED mit dem Arduino (Pins D3, D5 und D6). Halten Sie die Blynk-App auf dem Telefon abermals an, und entfernen Sie den Slider (Anklicken, Delete). Ergänzen Sie das Formular sodann um drei weitere Slider. Klicken Sie auf das Pin-Attribut, um den Pin-Auswahldialog zu öffnen. Wählen Sie statt *Digital* die Option *Virtual* aus, und weisen Sie den drei Slidern die Pins V0, V1 und V2 zu.

Den Code für den Arduino finden Sie in **Listing 2**. Die drei mit den Kathoden der RGB-LED verbundenen Pins werden in der Setup-Funktion als Ausgänge deklariert. Blynk arbeitet eventorientiert. Dies ist

Listing 1. Der ganze Steuerungs-Sketch.

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <Bridge.h>
#include <BlynkSimpleYun.h>

char auth[] = "92b8604f1fa6476480ccb1bfa3ec95a2";

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Blynk.begin(auth);
}

void loop() {
    Blynk.run();
}
```

Listing 2. RGB-LED steuern mit virtuellen Pins.

```
#include <SimpleTimer.h>

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <Bridge.h>
#include <BlynkSimpleYun.h>

char auth[] = "92b8604f1fa6476480ccb1bfa3ec95a2";

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Blynk.begin(auth);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(6, OUTPUT);
}

void loop() {
    Blynk.run();
}

BLYNK_WRITE(V0)
{
    analogWrite(3,255-param.asInt());
}

BLYNK_WRITE(V1)
{
    analogWrite(5,255-param.asInt());
}

BLYNK_WRITE(V2)
{
    analogWrite(6,255-param.asInt());
}
```

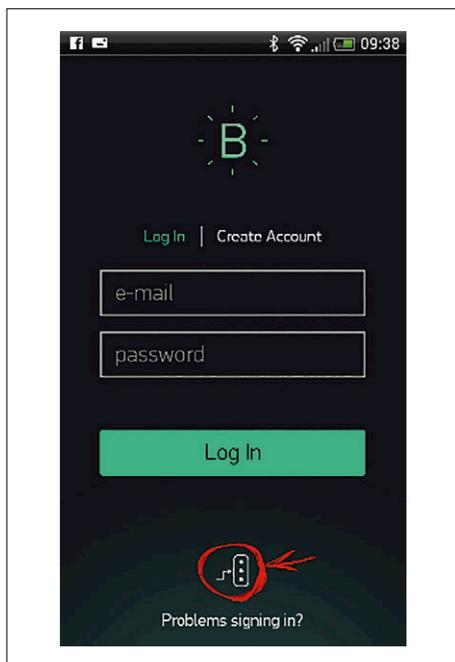


Bild 6. Die Ampel erlaubt die Verbindung mit beliebigen Servern.

für Sie als Entwickler insofern erfreulich, als sich der Code von `loop` nicht ändert – er ist nach wie vor auf den Aufruf von `run()` beschränkt.

Die eigentliche Intelligenz unseres Programms sitzt in drei Eventhandlern, die



Bild 7. Aktualisierungsrate sowie Max- und Min-Werte wollen vorgegeben sein.

durch Nutzung des `BLYNK_WRITE`-Makros und der jeweiligen Nummer des virtuellen Pins deklariert werden. Das `Param`-Objekt dient dabei als Datenquelle. Vom Smartphone angelieferte Textdaten lassen sich in unterschiedliche Typen konvertieren – `asInt` liefert Integerzahlen.

Unsere RGB-Leuchtdiode ist mit einer gemeinsamen Anode ausgestattet. Aus diesem Grund müssen wir die vom Slider angelieferten Werte „invertieren“, um 0 in der Handy-App auch in der LED als Null auszugeben.

Übrigens stellt die Blynk-App auch ein spezielles RGB-Farb-Kontrollelement zur Verfügung, doch leider funktionierte dieses bis Redaktionsschluss noch nicht richtig.

Sensorik für Anfänger

Natürlich funktioniert die Kommunikation auch in die andere Richtung; die Blynk-App hilft nicht nur beim Steuern eigener Elektronik, sondern auch bei der Visualisierung eingehender Messdaten. Halten Sie dazu die Blynk-App abermals an, und entfernen Sie die drei Slider durch Anklicken und Wählen der Delete-Option. Füllen Sie den leeren Bereich mit einem Graph-Steuerelement, dessen Einstellungs Menü wie in **Bild 7** gezeigt aussieht. Im Normalfall würde man die Datenerhebung in der Arduino-Firmware durch Einbau von `delay()`-Aufrufen ausbremsen – das folgende Codestück wirkt, zumindest in der Theorie, durchaus plausibel:

```
void loop()
{
  ...
  delay(1000);
  other_long_operation();
  ...
  Blynk.run();
}
```

Leider führt diese Vorgehensweise in der Praxis zu Verbindungsausfällen und anderen Problemen: `delay()` schickt den Arduino in einen Tiefschlafzustand, in dem er die Verbindung zum Blynk-Server nicht aufrechterhalten kann.

Als Alternative dazu bietet sich die SimpleTime-Bibliothek an, die unter [6] zum Download bereitsteht. Laden Sie den Header und die `.cpp`-Datei herunter, und extrahieren Sie das Konvolut ins Verzeichnis `C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\`

Anzeige

Elektor Sonderaktion



PCAN-USB CAN-Interface

Technische Daten

- High-Speed-CAN-Kanal (erfüllt die CAN-Spezifikationen 2.0 A/B)
- Adapter für den USB-Port (USB 1.1)
- CAN-Übertragungsraten von 5 kbit/s bis 1 Mbit/s
- Anschluss an CAN-Bus über D-Sub, 9-polig (nach CiA® 102)

Lieferumfang

- Treiber für Windows® und Linux
- Windows®-Software zum Senden, Empfangen und Aufzeichnen von CAN-Nachrichten
- API zur Entwicklung von Software mit CAN-Anbindung

Jetzt für nur **150,- €**

Sichern Sie sich über den Link einen von 100 PCAN-USB (IPEH-002021) zum **Sonderpreis von 150,- €** inkl. MwSt.



quick.peak-system.com/Elektor100

PEAK
System

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

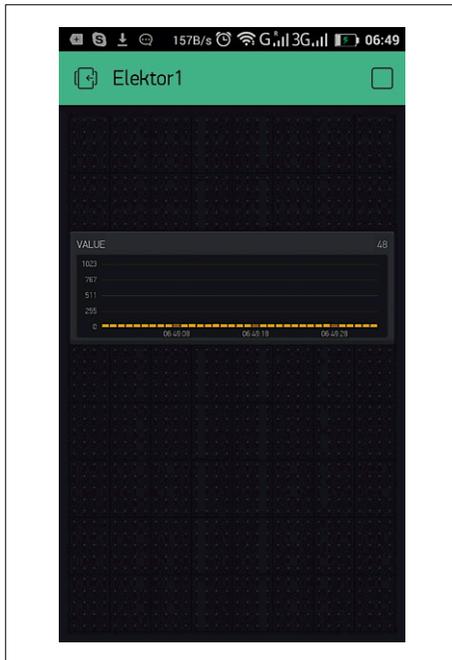


Bild 8. Blynk kann den Verlauf von Sensorwerten anzeigen.

SimpleTimer. Nach einem Neustart der IDE können wir den Code aus **Listing 3** eingeben.

SimpleTimer ist mit Blynk konzeptuell verwandt: Auch diese Bibliothek „parasitiert“ an `setup()` und `loop()`. *SimpleTimer* ruft eine Methode `sendLightInten` periodisch auf, die wir selbst implementieren müssen, siehe Listing.

Dort sorgt der Aufruf von `virtualWrite` dafür, dass die per `analogRead` angelieferten Informationen in Richtung der Handy-App wandern.

Der Lohn der Mühen ist in **Bild 8** gezeigt.



E-Mails verschicken mit dem Arduino

Daten ins Internet

Ein weiteres interessantes Feature von Blynk: Über das mit ihm verbundene Smartphone kann der Arduino nun Meldungen über diverse Nachrichtenkanäle absetzen. Sowohl der Versand von E-Mails als auch das Lancieren eines Tweets erfolgen im Sketch durch einen einzigen Methodenaufruf, dessen Struktur folgendermaßen aussieht:

```
Blynk.tweet("Hey, Blynkers! My
  Arduino can tweet now!");
```

```
Blynk.email("my_email@example.com",
  "Subject", "Your message goes
  here");
```

Wer zahlt?

Das per Kickstarter finanzierte Produkt ist derzeit noch komplett kostenlos. Die Nutzung des Servers soll auch in Zukunft gratis bleiben – da sein Quellcode frei

verfügbar ist, lässt sich dies notfalls sowieso durch eigenmächtiges Kompilieren garantieren.

Einnahmen sollen in Zukunft durch den Verkauf von Widgets für die Android-App erwirtschaftet werden (Preise zwischen 5 und 20 US-Dollar).

Fazit

Wenn es auf geringe Latenz bei der Steuerung ankommt, werden Sie mit Blynk auch bei Nutzung eines eigenen Servers nur wenig Freude haben. Die Bibliothek kann ihre Stärken immer dann ausspielen, wenn die Erstellung einer solchen Applikation mit minimalmöglichem Aufwand erfolgen muss – ein gutes Beispiel dafür wäre der Prototypenbau.

(150198)

Weblinks

- [1] www.blynk.cc
- [2] <https://github.com/blynkkk/blynk-library>
- [3] www.elektormagazine.de/150198
- [4] <https://github.com/blynkkk/blynk-library/blob/master/extras/docs/Implementing.md>
- [5] <https://github.com/blynkkk/blynk-server>
- [6] <http://playground.arduino.cc/Code/SimpleTimer>

Listing 3. Messwerte erheben.

```
#include <SimpleTimer.h>

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <Bridge.h>
#include <BlynkSimpleYun.h>

char auth[] = "92b8604f1fa6476480ccb1bfa3ec95a2";

SimpleTimer timer;

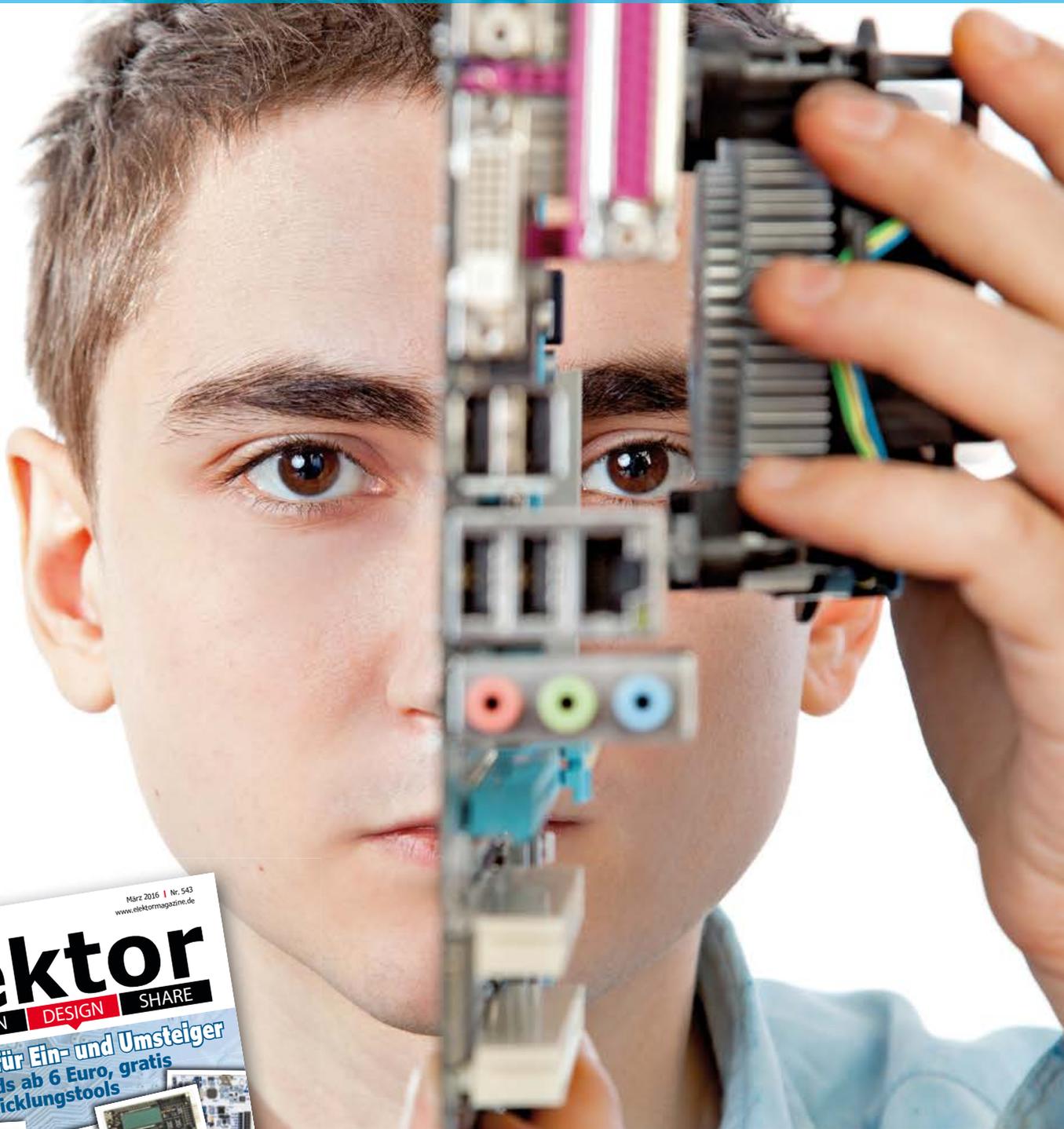
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth);

  timer.setInterval(1000L, sendLightInten);
}

void loop() {
  Blynk.run();
  timer.run();
}

void sendLightInten()
{
  Blynk.virtualWrite(V0, analogRead(A0));
}
```

Das 21. Jahrhundert hat bereits begonnen
... und vieles muss noch entdeckt werden ...



März 2016 | Nr. 543
www.elektormagazine.de

elektor

LEARN DESIGN SHARE

Kits für Ein- und Umsteiger

Boards ab 6 Euro, gratis Entwicklungstools

NCSA
Oscil., Spektrum-Analyzer, Signalgenerator

Universeller JTAG-Programmer
und Debug-Adapter

Regenmesser
mit Drucksensor und Arduino

In dieser Ausgabe:
4 Leser-Projekte
2 Leser-Projekte
1 Review
1 Marktüberblick
und mehr...

Universelle Netzteilplatine – mit drei konfigurierbaren Ausgangsspannungen
• **Review:** Arduino/Genuino 101 • **Platino** – Multifunktionsboard mit Verbesserungen
• **Bockige Buck-Konverter** gezähmt • **Web-** Bockige Buck-Kniffe für das SMD-Löten

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

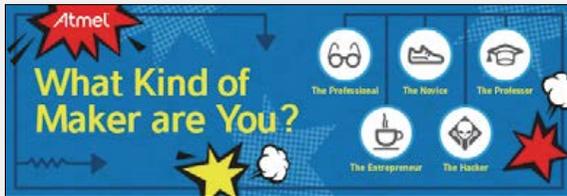
Tipps und Tricks von Lesern

© 2016 E | OF 14,90 | A 6,94 € 9,90
4 198539 507950

Ich entwickle Elektronik

Ich lese 

www.elektormagazine.de



Was für ein Maker bist Du?

Der neue Maker-Trend inspiriert jung und alt sich mit Elektronik zu befassen und die Grenzen des Machbaren auszuloten. Irgendwie ist klar, dass die nächste „große Sache“ noch nicht erfunden ist und dass diese Erfindung von jedem kommen könnte. Neben dem Spaß ist es genau dies, was die Maker-Szene antreibt. Atmel hat nun verlauten lassen, dass die Firma an die Power der Maker glaubt!

-  **Der Profi** — Du hackst Dinge, um die Welt zu einem besseren Ort zu machen. Du arbeitest (gut) 40 Stunden die Woche (vermutlich als Ingenieur), doch auch abzüglich des unvermeidlichen Schlags etc. bleiben noch jede Menge Stunden übrig, die man mit Hackaday oder Hackster.io verbringen kann. Du stehst auf Datenblätter und Application Notes!
-  **Der Einsteiger** — Du bist vermutlich ein Student, formal eingeschrieben oder autodidaktisch. Du hast Dich schon viele Stunden auf der Webseite Instructables herumgetrieben. Auf dem Weg zur nächsten coolen Erfindung lernst Du noch jede Menge dazu. Du bist ein Elektronik-Tüftler und bastelst gerne. Du hast ein kleines AVR-Board von der letzten Maker Faire mitgebracht.
-  **Der Unternehmer** — Du willst gerade eine neue Firma mit einem neuartigen Produkt gründen. Möglicherweise hast Du schon ein weltbewegendes Produkt in der Pipeline. Deine Lieblings-Webseiten sind Kickstarter und Indiegogo. Dein Motto ist „Fund me, please!“. Dein bester Freund ist Kaffee.
-  **Der Professor** — Du bringst Studenten bei, wie man Elektronik nutzt und baut. Und auch Du baust Neues, um damit den Studenten neue Techniken nahe zu bringen. Du kennst die Antwort auf (fast) alle technischen Fragen. Du liest eher Webseiten als Bücher. Dein Büro ist gepflastert mit Entwicklungs-Boards und anderer Elektronik.
-  **Der Hacker** — Du bist der Typ, der einen Toaster auseinandernimmt, nur um mal reinzuschauen und ihn dann wieder zusammensetzen. Bloß ist das Resultat dann eine Zeitschaltuhr. Du hast Dich schon immer dafür interessiert, wie etwas ganz genau funktioniert. Du bist die meistfotografierte Person der letzten Maker Faire. Beschriftungen findest Du überflüssig.

Finde heraus, wie Du im Vergleich zu anderen Makern abschnidest! Zeige anderen Deine schärfsten Projekte und schau nach, was andere so in der Mache haben.

<http://blog.atmel.com> (150777-3)

Touch-Controller mit Näherungs- und Kräftefassung

Synaptics hat eine neue Familie von Touch-Controllern mit vielen Funktionen vorgestellt, die speziell an die Bedingungen und Erfordernisse des Automotive-Markts angepasst wurden. Die neuen ClearPad-Controller gibt es in den Ausführungen S7883, S7884, S7885, und S7886. Die Typen S7883/4 (80 Kanäle) und S7884/6 (102 Kanäle) eignen sich für Touchscreens mit bis zu 14" bzw. 17".

Die ClearPad-S788x-Familie detektiert die Annäherung (Hand in Richtung Display) und eignet sich sogar für den Betrieb mit Handschuhen oder mit feuchten Fingern, was sehr wichtig für den Einsatz in unterschiedlichen klimatischen Bedingungen ist. Die Typen S7884/86 enthalten zudem die ClearForce-Technik zur Erfassung der Betätigungskraft,

wodurch sich diese zur Steuerung besonderer Fähigkeiten einsetzen lassen, die von OEM individuell genutzt werden können.

Die Familie S788x entspricht dem EMC-Standard ISO 11452 für den Automotive-Bereich sowie den Spezifikationen nach AEC-Q100 des Automotive Electronic Council für die Anwendung in rauen automotiven Umgebungen; sie sind darüber hinaus PPAP-compliant.

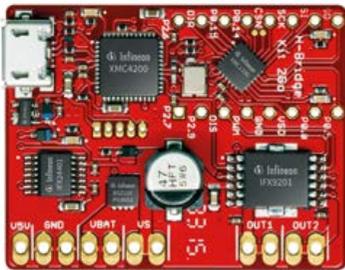
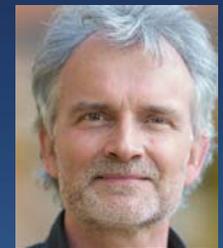


www.synaptics.com/applications/automotive
(150777-2)

Die Rubrik ElektorBusiness in Elektor ist der Ort für Artikel, Neuigkeiten und andere Beiträge von Firmen und Institutionen, die im Bereich Elektronik tätig sind.

Redaktion ElektorBusiness: Jan Buiting

Beiträge nimmt er gerne entgegen unter newsdesk@elektor.com.



H-Bridge Kit 2Go

Das H-Bridge Kit 2Go von Infineon ist ein fertiges Evaluations-Kit. Das nur 30 x 38 mm² messende Board ist voll mit elektronischen Bauteilen bestückt und enthält auch die H-Bridge IFX9201 kombiniert mit einem mit XMC-1100-Mikrocontroller

(der auf einem ARM-Cortex-M0 basiert). Mit dem Kit kann man einfach eigene Motorsteuerungen mit besonderen Eigenschaften testen. Es ist für den Betrieb von DC-Motoren und anderen induktiven Lasten bis zu einem Strom von 6 A bei 36 V geeignet.

Typische Anwendungen sind: DC-Motor-Steuerungen für industrielle Anwendungen, Heimautomation, Elektrowerkzeuge, Robotik und elektronisches Spielzeug.

www.infineon.com. Search: *H-Bridge 2Go* (150777-6)



Jetzt lieferbar: QN902-Bluetooth-SoCs und Kits von NXP

Mouser Elektronik hat nun die ultra-low-power Bluetooth-SoCs QN902x und das Bluetooth Development Kit QN9020 von NXP auf Lager. Die QN902x-SoCs sind hochintegrierte, ultra-low-power,

zwei analoge Komparatoren und bis zu 31 GPIO-Pins. Die QN902x-SoCs eignen sich für Versorgungsspannungen von 2,4...3,6 V und haben in allen Modi einen besonders niedrigen Stromverbrauch, was sie für durch Batterien gespeiste Lösungen interessant macht. Außerdem kann man die QN902x-SoCs auch als Netzwerk-Prozessoren für Bluetooth-Smart-Verbindungen zu anderen Geräten einsetzen, indem man sie via UART oder SPI mit anderen Mikrocontrollern koppelt.

Das Bluetooth-Development-Kit QN9020 bietet leicht zugängliche Tasten, einen Piezo-Buzzer und LEDs und erleichtert so die Evaluation des QN9020-SoCs. Das Board bringt einen USB-Port für UART-Kommunikation, ein JLink-Debug-Interface und einen Stecker für GPIOs und zusätzliche Sensoren mit. Zum Lieferumfang gehört auch ein USB-Bluetooth-Dongle, der das Board für Evaluation und Debugging ergänzt. Auch ein USB-Kabel für Stromversorgung und Datentransfer liegt bei.

www.mouser.com/new/NXP-Semiconductors/nxp-qn902x/
www.mouser.com/new/NXP-Semiconductors/nxp-qn-9020-devkit/
 (150777-5)

Hochleistungs-BLE-Chips für Bluetooth-Smart-Applikationen im Sport- und Fitnessbereich und für anderes smartes Zubehör.

Die QN902x-SoCs enthalten einen 2,4-GHz-Transceiver mit einem 32-bit-ARM Mikrocontroller des Typs Cortex-M0, 128 KB Flash und 64 KB Systemspeicher und bieten Signalverarbeitung sowie genügend Leistung für echte Single-Chip-Bluetooth-Smart-Lösungen. Zusätzlich zu BLE und der MCU enthalten QN902x-SoCs den BLE-Protokoll-Stack und Profil-Software, was sie zu einer flexiblen und leicht einzusetzenden BLE-Lösung machen. Die SoCs bieten einen vierkanaligen 10-bit-ADC,

Anzeige

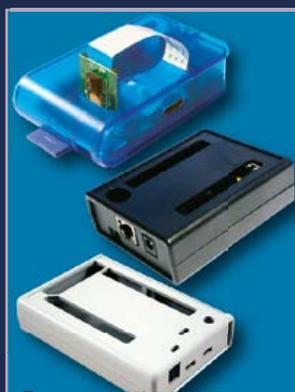


Gehäuse für Raspberry Pi, Arduino und viele andere Einplatinencomputer

- Gehäuse
- Plattform

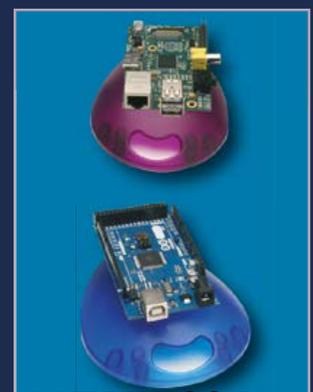
+ 44 1256 812812

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

Elektor Labs

Die Projektplattform Elektor-Labs wurde einer Verjüngungskur unterzogen und gleicht jetzt den anderen Elektor-Websites. Die Veränderungen sind aber nicht nur kosmetischer Natur. Besuchen Sie das neue Entwicklerportal unter www.elektormagazine.com/labs.

Offen für alle und zu jeder Zeit

Die wichtigste Änderung ist, dass Elektor-Labs nun auch für Nicht-Mitglieder offen ist. Dies bedeutet, dass von nun an jeder Besucher von Elektor-Labs nicht nur die Projekt-Beschreibungen lesen, sondern auch Dateien herunterladen, an den Projekten teilnehmen, Kommentare veröffentlichen und sogar neue Projekte erstellen kann. Die einzige Voraussetzung ist eine (freie) Elektor-ID. Diese kostenlose ID erlaubt den Zugriff auf Elektor-Labs, aber nicht das Elektor-Archiv und andere Dienste, die Elektor-GREEN- und GOLD-Mitgliedern zur Verfügung stehen.

Alles steht in Ihrem Profil

Das Problem war bisher, dass das Elektor-Labs-Konto nicht mit den anderen Elektor-Accounts verbunden war. Die Elektor-ID löst dieses Problem, indem sie einen einzigen Einstiegspunkt bietet für eine einzige gültige Kombination von <Benutzername|Passwort>. Von Ihrer Profilsseite aus haben Sie Zugriff auf alle Dienste, die mit Ihrer ID verbunden sind. Auf einen Klick auf „My Labs Project(s)“ wird eine Liste aller Projekte angezeigt, die Sie verwalten und/oder denen Sie folgen. Von hier aus können Sie ein Projekt zum Betrachten oder Bearbeiten öffnen, was uns direkt zur nächsten großen Veränderung bringt.

ELEKTOR MBED INTERFACE [150554]
by ClementValens

This is an mbed compatible CMSIS-DAP board for experimenting with ARM-based microcontrollers and the online mbed development...

103 views | 0 comments

ELEKTORINO UNO R4 [150790]
by ClementValens

This board is an evolution of the Arduino Uno R3 board. Identical form factor as the Uno but based on the ATmega328PB-AU, this board has...

576 views | 0 comments

NEW SOFTWARE FOR NETWORK CONNECTED SIGNAL ANALYZER
by Bred78

I recently bought the Network Connected Signal Analyzer from the Elektor shop: <http://www.elektor-labs.com/project/network-connecte...>

325 views | 5 comments

ALIMENTATION A DÉCOUPAGE: FORWARD 3.3V/1A
by MichaelDeLeyn

Le présent projet propose un exemple "complet" de conception d'alimentation à découpage de type FORWARD. Ainsi les différentes étapes...

299 views | 4 comments

AUDIO-MISCHER MIT AUTOM. LAUTSTÄRKEEINSTELLUNG
by Andreas72AB

Technische Daten: Mischen (Addieren) von Audio-Signalquellen, optional gemeinsame automatische Lautstärkeeinstellung / Max. 11...

232 views | 0 comments

AUTOMATISCHER AUDIO-UMSCHALTER
by Andreas72AB

Automatische Umschaltung auf Audio-Signalquelle, sobald Signal anliegt

272 views | 0 comments

SOFTWARE DEFINED RADIO (SDR) SHIELD FOR ARDUINO...
by Lucky

This shield is based on the extremely popular SDR project published in the May 2007 issue of Elektor Electronics. The original author Burkhard Kaika...

3046 views | 0 comments

5V-1A SWITCH MODE POWER SUPPLY DESIGN
by MichaelDeLeyn

Switch mode power supply design example that describe the design process in 5 steps.

335 views | 0 comments

TAMBOLA / HOUSE ON ARDUINO
by beta

Hi! here's a complete project of a gambling game called Tambola (also called house or Bingo) game in US & UK) on UNO. It's very popular here !...

305 views | 0 comments

EARTH-PHASE-NEUTRAL DETECTOR
by frederik

With this little tool, I'd like to make a simple, but efficient monitor to see if all wiring in a power socket is connected right. In general, a single...

7995 views | 15 comments

SKIPI! (SINGLE BUTTON MEDIA PLAYER CONTROL VIA USB)
by Lucky

At home we ripped all our audio CDs to a NAS and most of the time we use Windows Media Player or VLC player (we still don't agree which one's the...

1301 views | 2 comments

RASPBERRY PI GOES LEGO! [159010]
by Lucky

This board combines the force of the Raspberry Pi with the mechanical force of powerful LEGO Mindstorms motors. Four LEGO EV3 servo motors can be...

308 views | 0 comments

« 1 2 3 4 5 6 7 8 ... 62 63 »

ELEKTOR-ID	
MY ACCOUNT DETAILS	
MY ADDRESS DETAILS	
MY MEMBERSHIP(S)	
MY LABS PROJECT(S)	
NEWSLETTER PREFERENCES	
LOGOUT	

MY LABS PROJECTS					
Project name	State	Role	Comments	Members	Actions
Elektor mbed interface [150554]	In progress	Project manager	0	2	Open Edit
Elektorino Uno R4 [150790]	In progress	Project manager	0	11	Open Edit
Network Connected Signal Analyze...	Finished	Project manager	0	18	Open Edit
eRIC Nitro [150308]	Finished	Project manager	7	15	Open Edit

Projektbearbeitung

Die Aktualisierung eines Projekts wurde bisher von Benutzer zu Benutzer unterschiedlich durchgeführt, was es – besonders für Einsteiger – schwierig machte, zu erkennen, wann und wie ein Projekt geändert wurde. Damit alle Projektmitglieder stets auf dem Laufenden bleiben, muss nun eine Aktualisierung des Projekts stets durch das Posten eines Projekt-Kommentars erfolgen. Die Hauptprojektseite oder „Project Description“, wie sie von nun an heißt, kann nur im Entwurfsmodus bearbeitet werden. Sobald das Projekt veröffentlicht ist, kann es nicht länger modifiziert werden. Dafür können die Projektmanager Projekt-Kommentare hinzufügen, die in chronologischer Reihenfolge unter dem Projekt angezeigt werden. Kommentare von Followern und Gästen werden unterhalb der Projekt-Kommentare angezeigt.

Die Erstellung eines neuen Projekts ...

... ist so einfach wie zuvor. Sie beginnen mit der roten „Add project“-Taste oben auf der Elektor-Labs-Homepage und geben dann einen aussagekräftigen (!) Titel ein, einen Teaser und eine Beschreibung. Der Teaser ist das, was man später auf den Projektübersichtsseiten sehen kann, also halten Sie ihn klar, prägnant und auf 150 Zeichen beschränkt. Das Hochladen einer Projektillustration ist sehr zu empfehlen. Wenn Sie noch keine haben, keine Sorge, sie kann auch später hinzugefügt

werden. Es ist auch möglich, herunterladbare Dateien (Fotos, Software, CAD-Dateien, und so weiter) zum Projekt hinzuzufügen, indem Sie den „Attachment“-Knopf drücken. Man kann die Anhänge einem Typ zuordnen, so dass sie in bestimmten Bereichen angezeigt werden.

Draft-Modus

Dieser Modus ist neu, ihn gab es auf der alten Elektor-Labs-Webseite nicht. Projekte im Entwurfsmodus sind für den Rest der Menschheit nicht sichtbar und können beliebig oft geändert und auch gelöscht werden. Dieser Draft-Modus ist nützlich, wenn Sie ein abgeschlossenes Projekt in einem Beitrag präsentieren möchten. Einfach eine Vorschau machen und die Projektbeschreibung ändern, bis Sie zufrieden sind, und erst dann veröffentlichen.

Suchen und Filtern

Viele Projekte und Informationen zu haben, ist zwar schön, aber wenn man sie nicht auf effiziente Weise durchsuchen kann, ist alles ziemlich nutzlos. Deshalb haben wir mehrere Such- und Filterwerkzeuge hinzugefügt. Mit der guten Keyword-Suche nach Tags und mehreren Sortiermöglichkeiten finden Sie blitzschnell, was Sie suchen. ◀

(150776)

ELEKTOR-ID	
MY ACCOUNT DETAILS	
MY ADDRESS DETAILS	
MY MEMBERSHIP(S)	
MY LABS PROJECT(S)	
NEWSLETTER PREFERENCES	
LOGOUT	

EDIT PROJECT	
<p>This is a published project with status In progress, hence some fields below are locked for editing. Please use Project Updates (on the project's public page below Attachments) instead.</p> <p>If the texts really need to be adjusted - e.g. in case of spelling mistakes - please contact labs@elektor.com.</p>	
Title	Elektorino Uno R4 [150790]
Project image	 <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Add your project image here</p> <p>JPEG, PNG or GIF file - 5 MB file size limit at least 400x300 pixel - 4 x 3 aspect ratio</p> </div>
Teaser	<p><p>This board is an evolution of the Arduino Uno R3 board. Identical form factor as the Uno but based on the ATmega328PB-AU, this board has more features than the Uno. Because it is backwards compatible you can think of it as revision 4 of the Uno, which is why we called it the R4.</p></p> <p>Please add a short 'elevator pitch' for the project. Note: the teaser must be in English language in order for the project to be accepted.</p>
Description	<p>This board is an evolution of the Arduino Uno R3 board. Identical form factor as the Uno but based on the ATmega328PB-AU, this board has more features than the Uno.</p>

Willkommen bei DESIGN

Von **Clemens Valens**, Elektor Labs



Was ist da nur falsch programmiert?

Überall auf der Welt machen sich Regierungen und Industrie Sorgen über den Mangel an Ingenieuren, vor allem im Softwarebereich, aber auch auf anderen Feldern. Da der Einsatz von Computern und Mikrocontrollern immer weiter um sich greift, müssen enorme Mengen an Software produziert werden, damit die Hardware arbeiten und miteinander kommunizieren kann.

Im Moment gibt es noch genug Menschen, die Software schreiben, aber leider sind nur wenige daran interessiert, es zu lernen und noch weniger wollen dies für ihre Karriere tun. Regierungen und Industrie wollen das Problem lösen, indem sie Kurse und Produkte entwickeln, um Schüler/Studenten anzuregen, so früh wie möglich das Programmieren zu erlernen. Es werden viele Bildungsprogramme vorgeschlagen, sogar für Kleinkinder, aber ohne viel Erfolg.

Die Gründe dafür sind vielfältig. Eigentlich lehren sie den Schüler nichts, was sie nicht auch im wirklichen Leben lernen würden.

Schleifen und Bedingungen, die die Grundlage dieser Kurse darstellen, sind Strukturen, denen wir täglich begegnen. WENN die Milch alle ist, GEHE ich zum Supermarkt. SOLANGE es NICHT Wochenende ist, GEHE ich zur Arbeit und so weiter. Jeden Tag verbringen Millionen von Menschen Stunden und Stunden damit, Sudokus oder Kreuzworträtsel zu lösen und beweisen damit, dass sie eigentlich die Geduld aufbrächten und die intellektuellen Fähigkeiten besäßen, exzellente Software-Ingenieure zu werden, doch sie sehen keine Herausforderung darin, ein Problem mit ein klein wenig Programmcode zu lösen. Es kümmert sie einfach nicht. Programmierung zugänglich zu machen, ist eine Seite des Problems, es attraktiv machen, eine ganz andere.

BBC micro:bit

Auch die BBC ist mit dem ehrgeizigen Micro:bit-Projekt auf den Programmieren-macht-Spaß-Zug aufgesprungen. Jedes 12-jährige Kind in Großbritannien soll mit einem Mikrocontroller-Board ausgestattet werden, und dabei geht es um fast eine Million Boards!

Obwohl für Spaß und einfache Nutzung entworfen, dürften wahrscheinlich 99% oder mehr der Boards schnell in der Mülltonne landen, um nie wieder verwendet zu werden. Sie können sich eins besorgen (auf eBay, wenn Sie keines in der Mülltonne finden), weil es ein schönes 32-bit-Mikrocontroller-Board ist mit Bluetooth, einer LED-Matrix, 3D-Beschleunigungsmesser und Magnetometer-Kompass.



Fast eine Million BBC Micro:bit-Boards stehen bereit!

Die Software-Unterstützung ist großartig, und hier bei Elektor arbeiten wir bereits an Erweiterungen für den BBC micro:bit. ◀

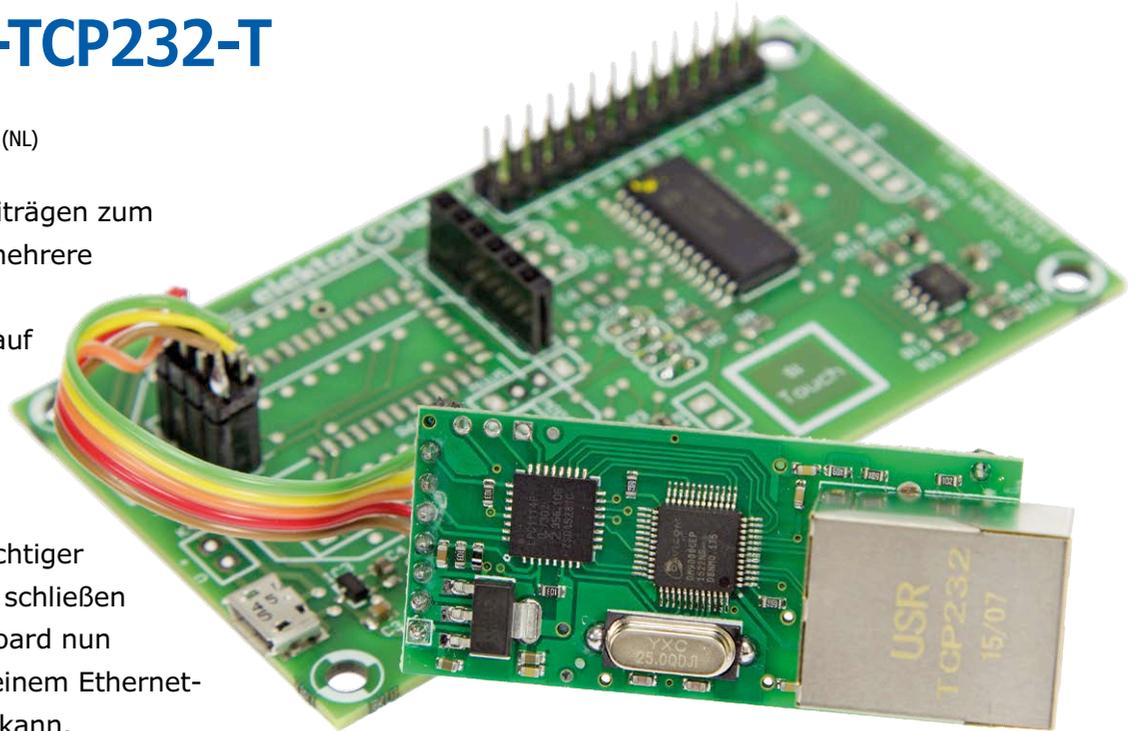
(150774)

Android I/O-Board und Ethernet

Mit dem USR-TCP232-T

Von **Elbert Jan van Veldhuizen** (NL)

In den vorangegangenen Beiträgen zum Android I/O-Board wurden mehrere Kommunikationsmodule beschrieben, die wahlweise auf dieses Board passen. Die Übertragungswege waren WLAN, Bluetooth oder USB. Was noch fehlt, ist ein Modul für Ethernet, ein weiterer wichtiger Standard. In diesem Beitrag schließen wir die Lücke, so dass das Board nun auch leitungsgebunden mit einem Ethernet-Netzwerk gekoppelt werden kann.



Das Modul USR-TCP232-T ist ein kostengünstiger Baustein [1], der die Funktion des Bindeglieds zwischen einem Ethernet-Kabelnetzwerk und einem System übernehmen kann, das mit konventioneller serieller Datenübertragung arbeitet. Verglichen mit einer drahtlosen Strecke hat die leitungsgebundene Verbindung den wichtigen Pluspunkt, dass sie störresistent und abhörsicher ist. Wie aus dem Handbuch [2] hervorgeht, kann das Modul USR-TCP232-T sowohl im Server- als auch im Client-Modus arbeiten. Im Server-Modus wird die Verbindung von der App initiiert, im Client-Modus übernimmt das Modul die Rolle des Initiators. Wenn das Modul Bestandteil des Android I/O-Boards ist, muss es stets als Server konfiguriert sein. Die App, die auf dem Android-Smartphone oder Tablet läuft, baut die Verbindung zum Android I/O-Board auf.

Ferner ist das Modul USR-TCP232-T sowohl im Server- als auch im Client-Modus für den Datentransfer nach UDP- oder TCP-Standard einsetzbar. Beim Protokoll UDP werden die Daten „blind“ gesendet, rückwärts gerichtete Empfangsquittungen existieren nicht. Dagegen arbeitet das Protokoll TCP mit einem Kontrollmechanismus, der die Wiederholung fehlerhaft empfangener Datenblöcke veranlasst. Das Android I/O-Board wendet das Übertragungsprotokoll TCP an, das Modul USR-TCP232-T muss deshalb im Modus „TCP server“ betrieben werden. DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) wird vom USR-TCP232-T nicht unterstützt. Nach diesem Protokoll weist der Router den Netzwerkgeräten, beispielsweise PCs oder Smartphones, die IP-Adressen zu. Nur die statische Vergabe der IP-Adressen ist beim USR-TCP232-T möglich. Die IP-Adresse

muss in dem IP-Adressenbereich des Netzwerks liegen, mit dem das Modul gekoppelt wird.

Um das Ethernet-Modul USR-TCP232-T auf dem Android I/O-Board einsetzen zu können, sind lediglich folgende Schritte nötig: Auf dem Board muss ein Steckverbinder die physische Verbindung zum Modul herstellen, anschließend müssen die serielle Schnittstelle und die IP-Adresse des Moduls konfiguriert werden.

Integrieren in das Android I/O-Board

Auf dem Android I/O-Board ist kein Steckverbinder vorhanden, in den das Ethernet-Modul USR-TCP232-T unmittelbar eingesteckt werden kann. Alle dort für andere Module vorgesehene Steckverbinder stellen jedoch die benötigten Anschlüsse bereit: Die Betriebsspannung 3,3 V und Masse sowie die seriellen Datenleitungen TX und RX. Ferner gibt es am Modul einen Konfigurationsanschluss, der jedoch nur eine Funktion hat, wenn die Konfiguration über den seriellen Port vorgenommen wird. Da hier die Konfiguration über das Ethernet-Netzwerk stattfindet, ist dieser Pin nicht relevant.

Der Autor hat für das Ethernet-Modul USR-TCP232-T den Anschluss MOD4 benutzt, der eigentlich für das WLAN-Modul ESP8266 vorgesehen ist. Der notwendige Adapter kann aus einem Stück Bandkabel bestehen, oder er wird aus einem Stück Lötspurtraster-Platine angefertigt, auf dem die Kontakte für das Modul und die auf MOD4 montierte Fassung gegeneinander gelötet sind. In **Bild 1** ist skizziert, wie beide Seiten miteinander verbunden werden müssen. Hinzuzufügen ist noch, dass die übrigen Pins des Moduls USR-TCP232-T elektrisch nicht

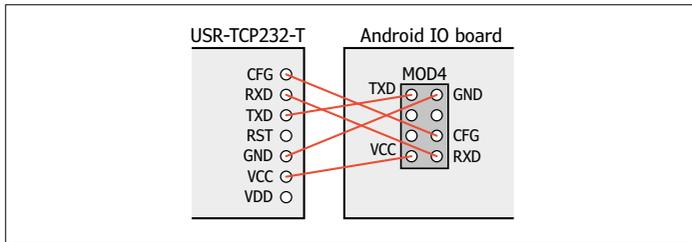


Bild 1. Die Skizze zeigt, wie das Modul USR-TCP232-T mit dem Anschluss MOD4 auf dem Android I/O-Board verbunden werden muss.

verbunden sind. Diese Pins erhöhen jedoch die mechanische Stabilität der Befestigung.

Konfigurieren des Ethernet-Moduls

Der Hersteller des Ethernet-Moduls USR-TCP232-T hat auf seiner Website ein Windows-Programm zum Download bereitgestellt [3], mit dem das Modul konfiguriert werden kann. Das Programm generiert ein UDP-Datagramm, das die notwendigen Parameter enthält (siehe [2]), und sendet es zum Modul. Aus **Bild 2** geht hervor, welche Parameter mit dem Programm „USR-TCP232-T24 V5.1.0.1.exe“ einstellbar sind. Bevor dies geschehen kann, müssen die IP-Adresse und die Subnet-Maske des vorhandenen Netzwerks festgestellt werden. Unter Windows gibt ein Eingabeaufforderungsfenster Auskunft (im Startmenü unter „Ausführen“ lediglich „cmd“ eingeben), wenn dort das Kommando „ipconfig“ gestartet wird. Die IP-Adresse muss innerhalb der Subnet-Maske im oberen Bereich gewählt werden. Wenn die Subnet-Maske beispielsweise 255.255.255.0 lautet, kann die letzte Zahl der IP-Adresse den Wert 240 haben. Diese Adresse ist mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht belegt, es sei denn, in das Subnet sind Hunderte Netzwerkgeräte eingebunden. Sobald der Router die Belegung der IP-Adresse erkennt, wird er die Adresse nicht mehr an andere Netzwerkgeräte vergeben. Der DHCP-Ser-

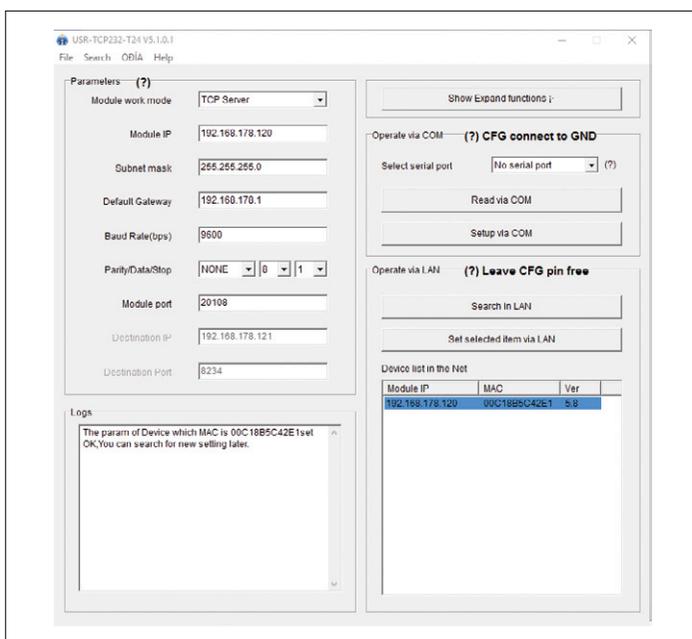
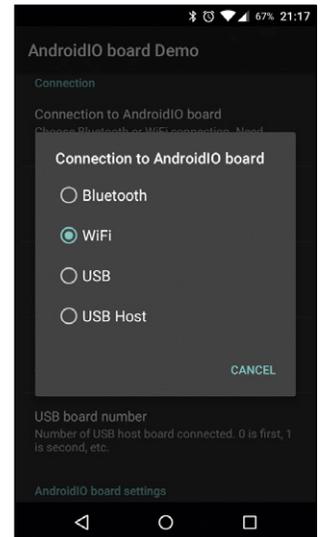


Bild 2. Mit dem Programm „USR-TCP232-T24 V5.1.0.1.exe“, das der Hersteller bereitstellt, wird das Modul konfiguriert.

Bild 3. In der Demo-App steht „WiFi“ stellvertretend für „IP-Netzwerk“, weil das Ethernet-Modul mit dem WLAN-Modul-Anschluss MOD4 verbunden ist.



ver des Routers kann meistens so eingestellt werden, dass er nicht den gesamten Adressraum dynamisch zuweist. Beim Autor vergibt der Router nur die Adressen im Bereich 10 bis 100. Die übrigen Adressen sind für feste Zuweisungen durch Einstellen der Netzwerk-Geräte verfügbar. Die Portnummer kann frei gewählt werden. Typische Werte sind 23 (Port für Telnet), 2000 (Port, den der Standard RN-171 im Ruhezustand benutzt) oder 20108 (Standard beim Ethernet-Modul USR-TCP232-T). Beim nachfolgenden Beispiel lautet die Subnet-Maske 255.255.255.0, das Modul erhält die IP-Adresse 192.168.178.120 mit Portnummer 20108. Das Gateway (Router) hat die IP-Adresse 192.168.178.1. Die MAC-Adresse ist bei den einzelnen Modulen unterschiedlich, sie ist deshalb hier nur als Beispiel zu betrachten. Führen Sie die folgenden Schritte aus:

- Verbinden Sie das Modul USR-TCP232-T über ein Ethernet-Kabel mit dem Netzwerk, in das auch der PC mit dem Konfigurationsprogramm eingebunden ist.
- Legen Sie Betriebsspannung an das Modul. Lassen Sie den Modul-Pin unbeschaltet, der für die Konfiguration vorgesehen ist, oder verbinden Sie ihn mit +3,3 V.
- Starten Sie auf dem PC das Konfigurationsprogramm „USR-TCP232-T24 V5.1.0.1.exe“.
- Klicken Sie auf „Search in LAN“. Das Programm findet selbstständig das Modul im Netzwerk.
- Das Modul erscheint in der „Device list in the net“. Wählen Sie das Modul aus, indem Sie darauf klicken.
- Nehmen Sie folgende Einstellungen vor:
 - Module work mode: TCP server
 - Module IP: 192.168.178.120
 - Subnet mask: 255.255.255.0
 - Default gateway: 192.168.178.1
 - Baud Rate (bps): 9600
 - Parity/Data/Stop: NONE, 8, 1
 - Module port: 20108
 - Destination IP und Destination port: Sie sind deaktiviert und können nicht eingestellt werden.
- Klicken Sie auf „Set selected item via LAN“.
- Im Feld „Logs“ erscheint die Meldung „The param of Device which MAC is 00C18B5C42E1 set OK, You can search for new setting later.“
- Jetzt ist das Ethernet-Modul startklar.

Einstellungen der App

Damit eine App oder ein Android-Gerät das Modul USR-TCP232-T im Ethernet-Kabelnetzwerk erreicht, muss beispielsweise in der App „Android I/O-board Demo“ unter den Settings „Connection to Android I/O-board“ die Option „WiFi“ aktiviert sein (**Bild 3**),

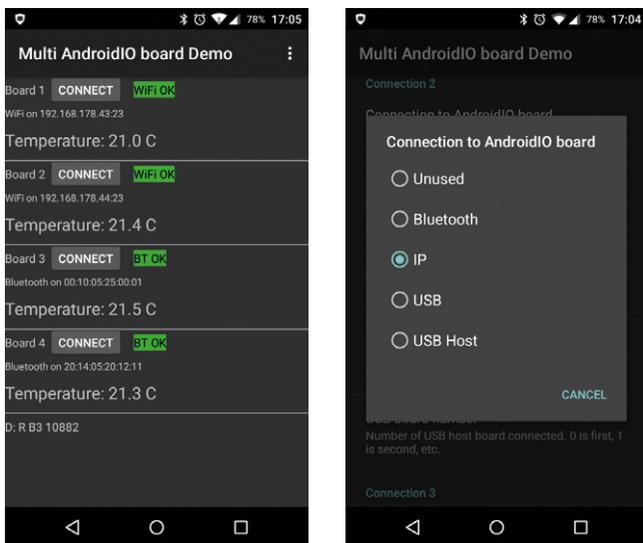


Bild 4. Die Multi-Board-Demo zeigt die Temperaturen an, die von vier Android I/O-Boards gemessen werden. Die Verbindungsmethode kann bei den Boards unterschiedlich sein.

als „WiFi address“ und „WiFi port“ sind die IP-Adresse und der Port des Ethernet-Moduls einzutragen. Weil das Ethernet-Modul auf der Platine mit MOD4 verbunden ist, muss „WiFi“ hier als „IP-Netzwerk“ gelesen werden.

Mehrere Android I/O-Boards parallel

Mit der gleichen App lassen sich mehrere Android I/O-Boards gleichzeitig steuern. Die Boards können mit unterschiedlichen Verbindungsmethoden (WLAN, Ethernet, Bluetooth oder USB) an die App angebunden sein (**Bild 4**). Die Anzahl der Android I/O-Boards ist prinzipiell unbegrenzt. Insbesondere bei IP-basierten Netzwerken können zwischen den Android I/O-Boards hohe Distanzen liegen, ohne dass besondere Maßnahmen erforderlich wären.

Beim Steuern mehrerer Android I/O-Boards muss für jedes Board ein eigenes Objekt der Class IOFunction erstellt werden. Auch ein Object Array gehört zu den Möglichkeiten, falls damit der Programmcode übersichtlicher wird. Hier ist ein Beispiel:

```
IOBoardFunctions[] IOBoard = new IOBoardFunctions[4];
for (int i=0; i<4; i++) { IOBoard[i] = new
IOBoardFunctions(); }
```

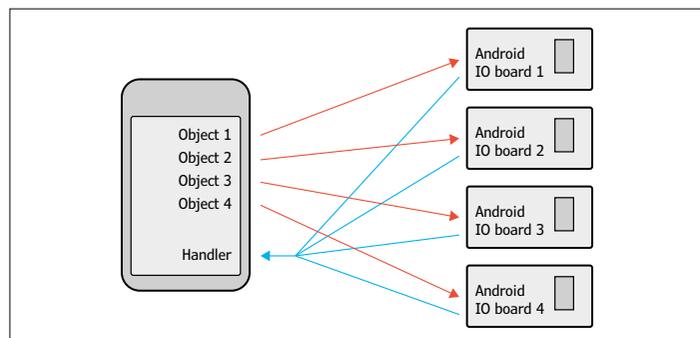


Bild 5. Die von den Android I/O-Boards zurückgegebenen Daten werden von einem so genannten „Handler“ verarbeitet.

Von der Wahl des Objekts hängt ab, welches Android I/O-Board die Initialisierung, den Verbindungsaufbau und die Datenübertragung übernimmt. Das folgende Beispiel soll dies verdeutlichen:

```
IOBoard[2].initiate(2, hnd, "192.168.178.120", 23, 1,
this);
```

Dieser Code bewirkt, dass das Objekt IOBoard [2] dem Android I/O-Board mit der angegebenen IP-Adresse und Portnummer zugeordnet wird.

Die zurückgegebenen Daten der verschiedenen Android I/O-Boards können vom gleichen Handler verarbeitet werden. Der erste Parameter, der mit „.initiate“ übergeben wird (im Beispiel: „2“) dient als Kanalnummer, sie steht immer im Feld „.arg1“ des Message-Objekts [4]. Dadurch erhält die App die Information, von welchem Android I/O-Board die Daten kommen.

Die Demo-App, die einschließlich Quellcode von der Projektseite [5] heruntergeladen werden kann, liest parallel zueinander die Temperatursensoren von vier Android I/O-Boards im Sekundenrhythmus aus. Im Menü ist einstellbar, mit welcher Verbindungsmethode ein Board angebunden ist. Der Quellcode macht deutlich, wie das Steuern mehrerer Android I/O-Boards im Detail vor sich geht. ◀

(150804)gd

Weblinks

- [1] Produktseite USR-TCP232-T: www.usriot.com/Product/20
- [2] Handbuch USR-TCP232-T: www.usriot.com/download/T24//USR-TCP232-T24-EN%20V3.2.5.pdf
- [3] Programm für die Konfiguration: www.usriot.com/download/software/USR-TCP232-T24V5.1.1.20.rar
- [4] Beschreibung der Message Class: <http://developer.android.com/reference/android/os/Message.html>
- [5] Projektseite: www.elektormagazine.de/150804

Neue Version von IOBoardFunctions

Zur Demo-App gehört eine neue Version der IOBoardFunctions, die Klasse, die alle Bibliotheken zum Steuern des Android I/O-Board auf der Plattform Android vereint. In der neuen Version wurden einige Verbesserungen vorgenommen: Sämtliche IOBoardFunctions befinden sich statt in fünf Dateien in einer Datei. Dadurch wird die Anwendung in eigenen Projekten erleichtert.

Der Wechsel der IP-Adresse ist nun möglich, ohne die App schließen zu müssen. In der App kann zu einer anderen Verbindungsmethode gewechselt werden, beispielsweise von IP nach USB oder Bluetooth.

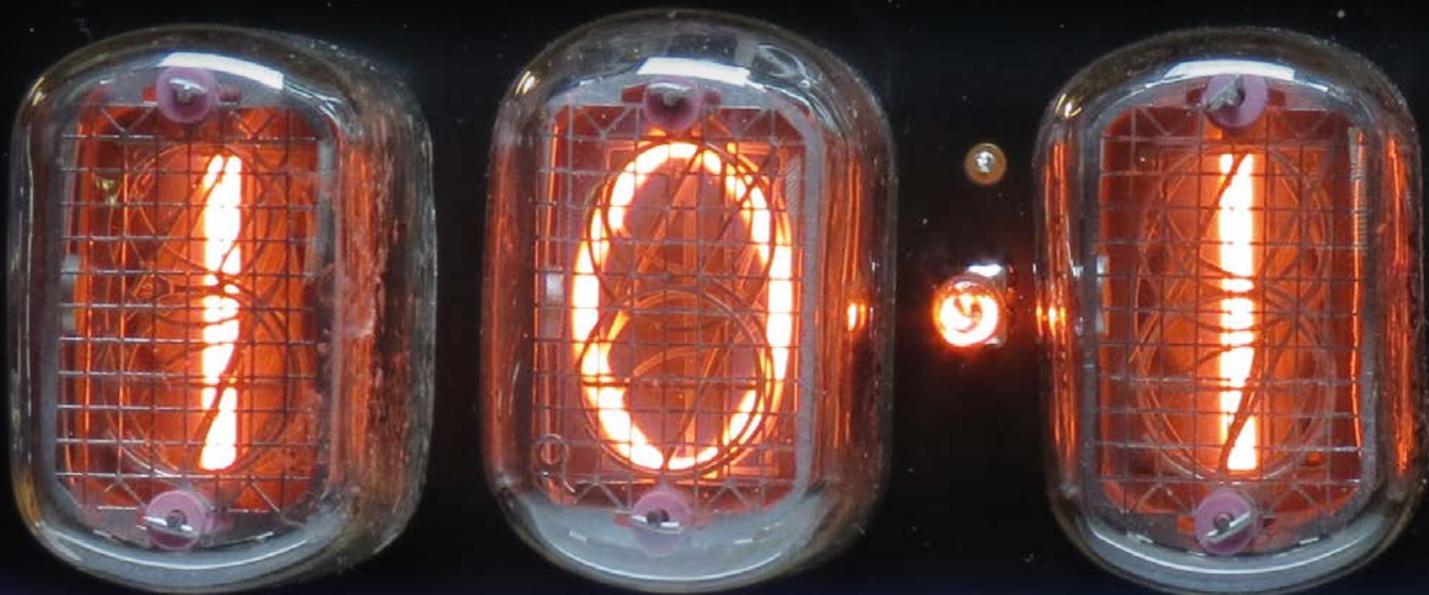
Die Anzahl der diversen „.initiate“-Funktionen wurde gestrafft. Es existiert nur noch eine Funktion für Apps, die alle Verbindungsmethoden anbieten, und nur noch eine Funktion für jede einzelne Verbindungsmethode (Bluetooth, IP, USB Accessory und USB Host).

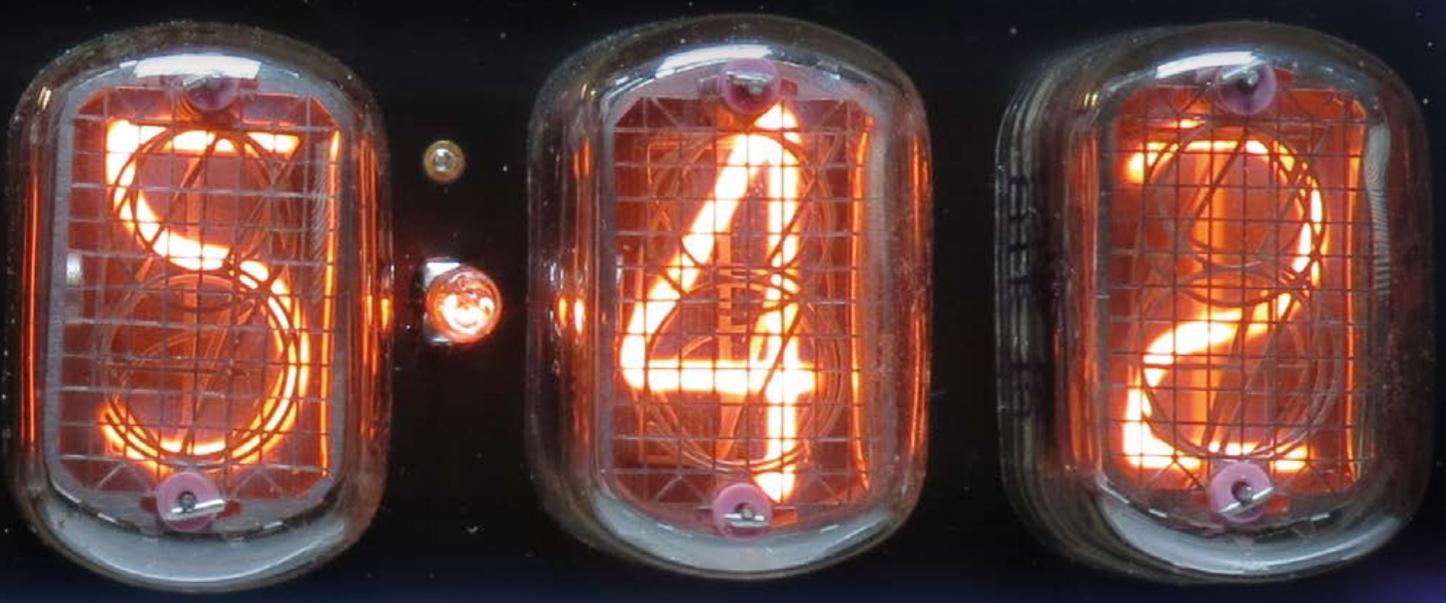
Eine ausführliche Beschreibung befindet sich am Anfang der Datei IOBoardFunctions.java.

Jetzt mit Sekunden- Anzeige!

Von **Willem Tak** (Niederland)

Neue Nixie-Uhr mit GPS



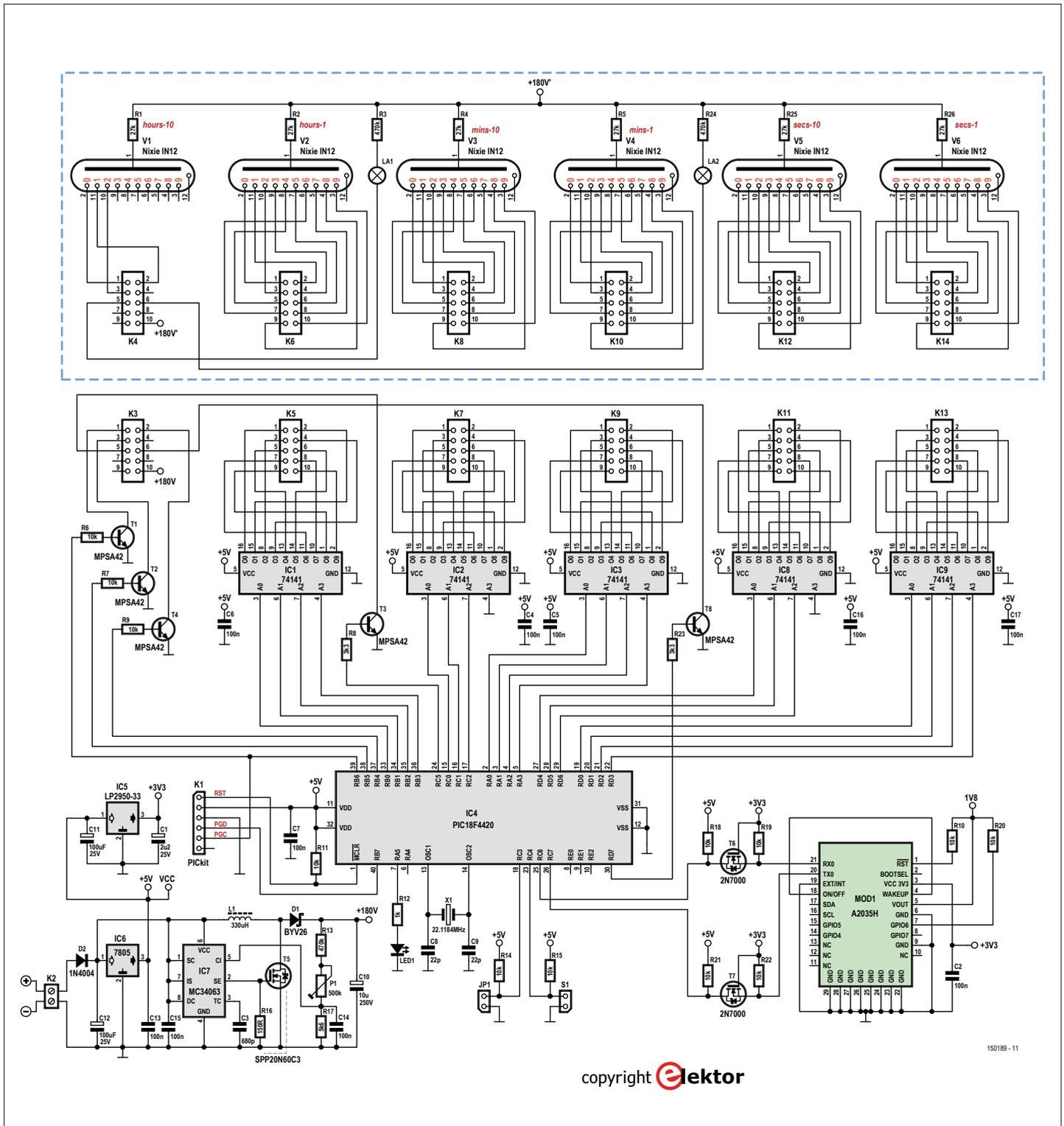


00000 00000 00000

Eigenschaften

Die „Nixie-Uhr mit GPS“ vom Oktober 2014 fand so viele Freunde, dass wir das Projekt ausgebaut haben. Auch bei der Neuauflage, die wir hier vorstellen, gehen Klassik und Moderne eine geglückte Synthese ein. Auch hier steuern die GPS-Satelliten die Zeit, sie wird jetzt sekundengenau von sechs Nixie-Röhren angezeigt.

- Zeitsynchronisation durch das GPS-Satellitensystem
- Auflösung der Anzeige: 1 Sekunde
- Interne Pufferuhr überbrückt Ausfälle des GPS-Empfangs
- Sommer- und Winterzeit werden selbsttätig gestellt



150189 - 11

copyright elektor

Bild 1. Die „Nixie-Uhr mit GPS“ wurde ausgebaut: Hinzugekommen sind zwei Ziffernröhren für die Sekunden und die Einstellung der Zeitzone.

Unsere erste „Nixie-Uhr mit GPS“, die im Oktober 2014 erschien, empfing bereits die Zeit vom GPS-Satellitensystem aus dem Weltraum. Damals wurden jedoch nur die Stunden und Minuten von vier Nixie-Ziffernröhren angezeigt, die Sekunden blieben im Verborgenen. Dem haben wir auf zahlreichen Leserwunsch abgeholfen, das Ergebnis präsentieren wir hier. Die Erweiterung der vierziffrigen Nixie-Uhr stellt an sich kein Problem dar, zumal die Software auch in der Version 2.0 bereits dafür ausgelegt ist. Was dem Ausbau im Weg steht, ist der Mikrocontroller PIC18F2480, der seinerzeit zum Einsatz kam. Weil dieser Typ nur 28 Anschlüsse besitzt, reicht die Anzahl der I/O-Leitungen nicht aus, um sechs Nixie-Röhren ohne Umweg steuern zu können.

Mehr I/O-Leitungen

Eine Lösung des Problems hätte zwar darin bestehen können, die ursprüngliche Hardware durch I²C-Expander zu erweitern, doch das hätte die Komplexität nicht unwesentlich gesteigert. Wir haben uns deshalb für den Tausch des PIC18F2480 gegen einen PIC18F4420 entschieden, ein Mikrocontroller mit mehr I/O-Leitungen im 40-Pin-Gehäuse, der ebenso preiswert wie leicht beschaffbar ist.

Die Schaltung der neuen, erweiterten Version ist in **Bild 1** dargestellt. Das Konzept stimmt mit der alten Version überein, der neue Mikrocontroller befindet sich in vertrauter Umgebung. Die Decoder der zwei hinzugekommenen Nixie-Röhren werden von sieben I/O-Leitungen des neuen Port D gesteuert. Die achte I/O-Leitung steuert eine weitere Glühlampe, die den zweiten Dezimalpunkt zwischen Minuten und Sekunden darstellt.

Noch ein Update

Außer der Sekundenanzeige stand noch ein weiterer Wunsch auf der Liste unserer Leser. Die Zeitzone war in der Mikrocontroller-Software auf Mitteleuropa (GMT+1) festgelegt. Da sich dies nur durch Ändern des Quellcodes und Neuprogrammieren ändern ließ, was sicher nicht sehr praktisch ist, haben wir dieses Detail anders gelöst. Die Zeitzone ist jetzt nach dem Reset durch wiederholtes Drücken eines Tasters wählbar.

Die Schaltung

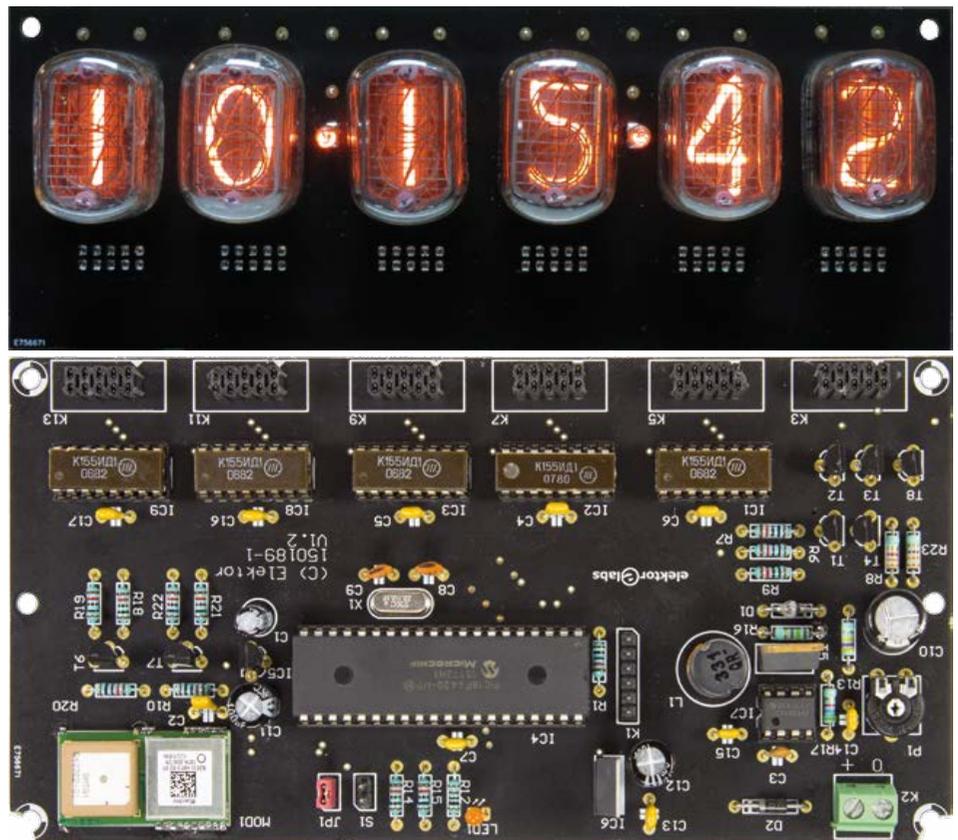
Der Mikrocontroller PIC18F4420 liest die vom GPS-Modul empfangenen Daten und steuert über Decoder die Nixie-Zif-

fernrohren. Die Taktfrequenz beträgt „krumme“ 22,1184 MHz, so dass sich für die 4800 Baud des GPS-Modul-Signals ein ganzzahliges Teilverhältnis ergibt. Die LED an Leitung RA5 blinkt nach dem Reset, anschließend leuchtet sie bei jedem korrekt empfangenen GPS-String kurz auf. Wenn die LED konstant leuchtet, deutet dies auf ein Problem hin.

Über Steckverbinder K1 kann der Mikrocontroller in der Schaltung programmiert werden. Geeignet sind die Programmer PICkit 2 oder PICkit 3 von Microchip, Anmerkungen sind in der Textbox **Programmier-Klippen** zusammengefasst.

T1, T2 und T4 gesteuert. Zwischen den Röhren-Paaren (Stunden, Minuten und Sekunden) befinden sich Dezimalpunkte in Gestalt von Glühlampen, der Mikrocontroller steuert sie über die Transistoren T3 und T8. Von Jumper JP1 hängt ab, ob einstellige Stunden mit führender „0“ angezeigt werden.

Die ursprünglich verwendete Nixie-Röhre IN-14 wurde durch den leichter erhältlichen und preisgünstigeren Typ IN-12 ersetzt. Dieser Typ ist pinkompatibel mit anderen ovalförmigen Röhren wie ZM1100 oder CD56. Weil die IN-12 eine Röhre mit Ansicht von oben ist, haben wir den Plati-



Das GPS-Modul A2035H von Maestro (MOD1) enthält einschließlich Antenne alles, was für den Empfang von GPS-Signalen nötig ist. Da das GPS-Modul an 3,3 V arbeitet und die Betriebsspannung des Mikrocontrollers 5 V beträgt, müssen die Datenleitungen angepasst werden. Zuständig sind die FETs T6 und T7 sowie die Widerstände R18, R19 und R21, R22. Als Dekoder und Treiber für die Nixie-Röhren ist der Typ 74141 angegeben, er ist jedoch nur noch eingeschränkt erhältlich. Der russische Typ K155ID1 ist ein vollwertiger Ersatz. Die Zehnerstelle der Stunden wird über die Transistoren

nenteil der Röhrengruppe von der übrigen Platine getrennt. Dadurch ist der Montageort der Röhrengruppe unabhängig von der Steuerung wählbar.

Ein Steckernetzteil kann die Stromversorgung übernehmen, es muss bei der Gleichspannung 9...15 V mit mindestens 1 A belastbar sein. Der Spannungswandler MC34063 (IC7) erzeugt die Anodenspannung für die Nixie-Röhren. Über Diode D1 und Induktivität L1 schaukelt sich die Spannung auf, sie lädt den Elko C10. Wenn die über Pin 5 verlaufende Rückkopplung unterbrochen ist, kann die Spannung hochlaufen, so dass der Elko

Stückliste

Widerstände:

(5 %, 250 mW)
 R1,R2,R4,R5,R25,R26 = 27 k
 R6,R7,R9,R10,R11,R14,R15,
 R18,R19,R20,R21,R22 = 10 k
 R3,R13,R24 = 470 k
 R8,R23 = 3k3
 R12 = 1 k
 R16 = 150 Ω
 R17 = 5k6
 P1 = Trimpoti 500 k

Kondensatoren:

C1 = 2,2 μ, 50 V, RM 2 mm
 C2,C4,C5,C6,C7,C13...C17 = 100 n, 50 V,
 20 %
 C3 = 680 p, 100 V, Y5P, RM 2,5 mm
 C8,C9 = 22 p, 50 V, C0G/NP0, RM 2,5 mm
 C10 = 10 μ, 250 V, 20 %, stehend, RM 5 mm
 C11,C12 = 100 μ, 25 V, RM 3,5 mm

Induktivität:

L1 = 330 μ, 900 mA, stehend 10 · 15 mm

Halbleiter:

D1 = BYV26
 D2 = 1N4004
 LED1 = LED 3 mm, rot, planes Gehäuse
 T1,T2,T3,T4,T8 = MPSA42
 T5 = SPP2ON60C3
 T6,T7 = 2N7000
 IC1,IC2,IC3,IC8,IC9 = K155ID1 (74141)
 IC4 = PIC18F4420, programmiert, Elek-
 tor-Shop 150189-41
 IC5 = LP2950-33
 IC6 = 7805
 IC7 = MC34063

Außerdem:

JP1 = Stiftleiste 2-polig mit Jumper
 K1 = Stiftleiste 6-polig, RM 2,54 mm
 K2 = Kabelschraubklemme 2-polig,
 RM 5,08 mm
 K3,K5,K7,K9,K11,K13 = Buchsenleiste
 2 · 5-polig, vertikal
 K4,K6,K8,K10,K12,K14 = Stiftleiste 2 · 5-po-
 lig, abgewinkelt
 LA1,LA2 = Glimmlämpchen mit Drahtan-
 schlüssen, T1.1/4
 MOD1 = GPS-Modul A2035H, mit interner
 Antenne
 S1 = Drucktaster 20 V, 0,4 VA
 V1...V6 = IN-12, Nixie-Ziffernröhre
 X1 = Quarz 22,1184 MHz
 Platine EPS 150189-1 V1.1 (Elektor-Shop)
 Stromversorgungsbuchse PC-010 (www.tme.eu/en/details/pc-010/dc-power-connectors)

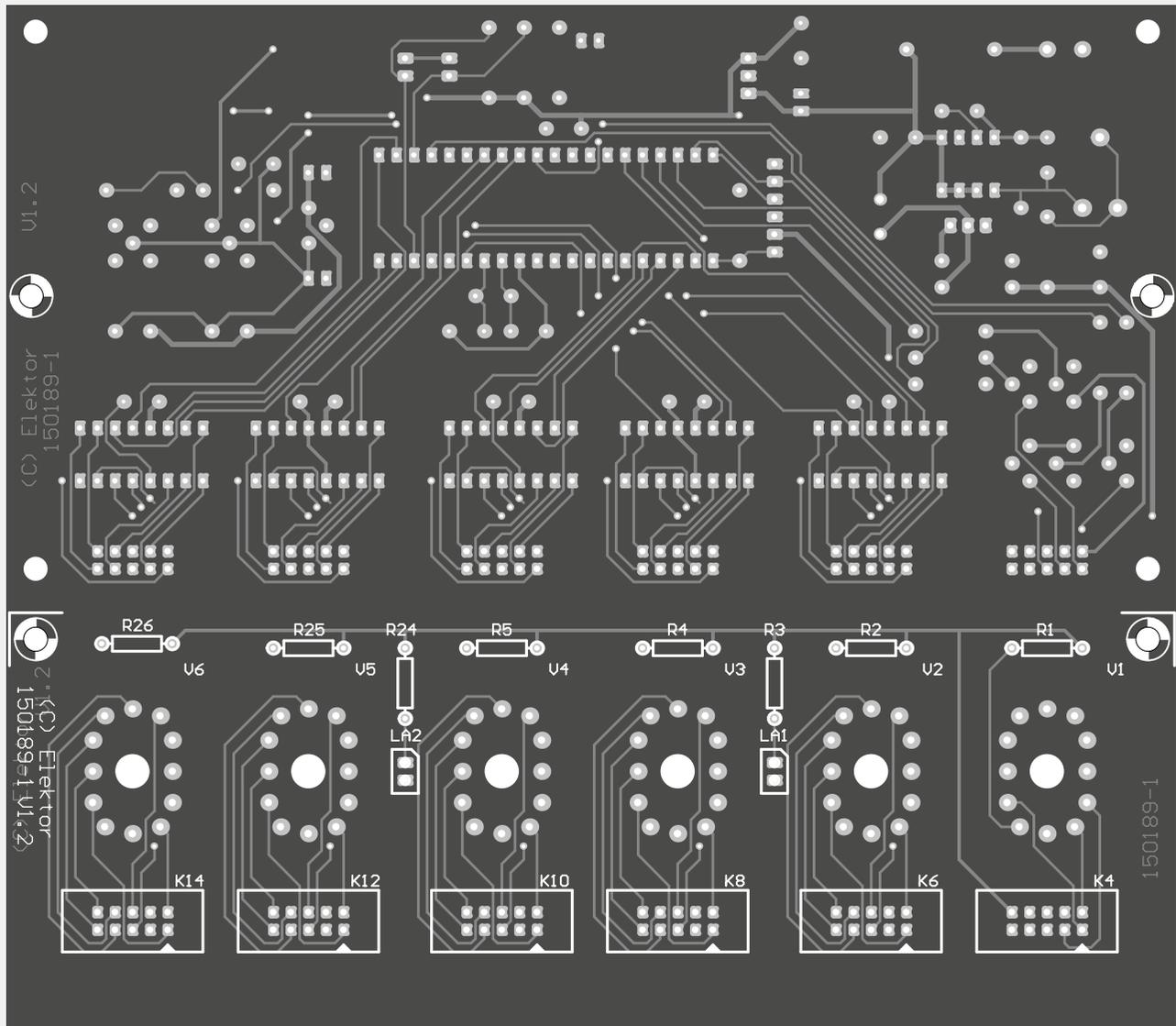


Bild 2. Die schwarz lackierte Platinenoberfläche schafft für die rot glimmenden Nixie-Röhren den perfekten Hintergrund.

durchschlägt. Deshalb ist vor Einschalten der Betriebsspannung zu kontrollieren, ob der Rückkopplungsweig intakt ist. Die Anodenspannung beträgt etwa 180 V, sie gelangt über 27-k Ω -Widerstände zu den Anoden der Nixie-Röhren IN-12. Andere Röhren-Typen machen die Anpassung dieser Widerstände notwendig. Die Stromversorgung arbeitet mit zwei weiteren Spannungsreglern: Der 7805 (IC6) liefert die Betriebsspannung 5 V für den Mikrocontroller und die Decoder-ICs, der LP2950-33 versorgt das GPS-Modul mit 3,3 V.

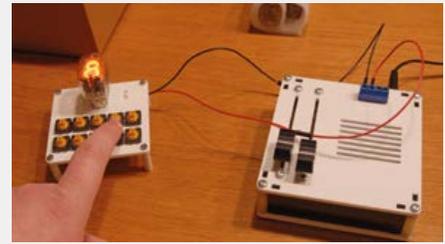
GPS und die Zeit

Die Software wurde im Wesentlichen von der ersten Version der Nixie-Uhr übernommen. Neu ist die Routine, mit der die Zeitzone eingestellt wird, und der Mikrocontroller ist jetzt ein PIC18F4420. Der Quell- und Hexcode der Firmware stehen wie gewohnt auf der Projektseite [1] bereit, programmierte Mikrocontroller sind im Elektor-Webshop [2] erhältlich. Der Weg vom GPS-Signal zur exakten Zeit ist zwar komplex, aber überschaubar: Das GPS-Modul gibt den GPS-String GPRMC aus. Bereits bei der Initialisierung wird festgelegt, dass nur dieser String einmal in der Sekunde übergeben werden soll. Die übrigen GPS-Strings sind deaktiviert.

Der Mikrocontroller, kurz „PIC“ genannt, prüft fortlaufend den Datenempfang des seriellen Datenpuffers. Der interne Watchdog wacht darüber, ob nach dem Reset ein Datenstrom empfangen wird. Anderenfalls löst er nach etwa einer Minute einen neuen Reset aus. Während der Wartezeit leuchtet die LED auf. Wurde ein gültiger GPS-String empfangen, wird die Über-

Lieferbare Produkte

Für die *Neue Nixie-Uhr* liefert der Elektor-Shop wahlweise den vollständigen Bausatz, die Platine oder den programmierten Mikrocontroller. Zum Bausatz gehören selbstverständlich die Nixie-Röhren, wie im Foto gezeigt sind die einzelnen Exemplare getestet und selektiert.



wachung des seriellen Datenpuffers (auf andere Weise) fortgesetzt. Falls die LED weiterhin leuchtet, ist ein Problem aufgetreten. Sobald Daten empfangen werden, prüft der PIC, ob es sich um einen GPRMC-String handelt. Trifft dies zu, wird der String bis zum nächsten CR-Zeichen (Carriage Return) zwischengespeichert. Anschließend berechnet der PIC die Checksumme und vergleicht sie mit der Checksumme, die im String steht. Wenn beide übereinstimmen, werden die Daten als gültig betrachtet.

Im nächsten Schritt wird die Differenz zur korrekten Sommer- oder Winterzeit bestimmt. Eine interne Tabelle, die Daten bis 2020 enthält, gibt Auskunft über die Zeitumstellungen. Dann wird der Zeitcode in das hexadezimale Format gewandelt und getrennt nach Stunden, Minuten

und Sekunden in drei Variablen gesetzt. Theoretisch ist jetzt bereits die gültige GPS-Zeit verfügbar. Es gibt jedoch noch ein Problem, das die Sekunden betrifft. Die Qualität des GPS-Empfangs ist störenden Einflüssen unterworfen, sie ist nicht an jedem geografischen Ort gleich. Es lässt sich nicht ausschließen, dass ein String beschädigt ist. Wenn sich die Zeitanzeige auf Stunden und Minuten beschränkt, fällt eine Fehlfunktion im Bereich einer Sekunde nicht auf. Werden auch die Sekunden angezeigt, können die Sekunden bei einem fehlenden String „haken“. Das Problem lässt sich umgehen, indem eine interne Echtzeituhr solche GPS-Fehler überbrückt. Dazu wird ein Timer so gesteuert, dass er im Abstand von 50 ms Interrupts auslöst. Der 50-ms-Impuls ist an I/O-Leitung RA4 (Pin 6) des PICs messbar.

Da die PIC-Zeit immer mit 00:00:00 Uhr startet, muss für die aktuelle Zeit mindestens

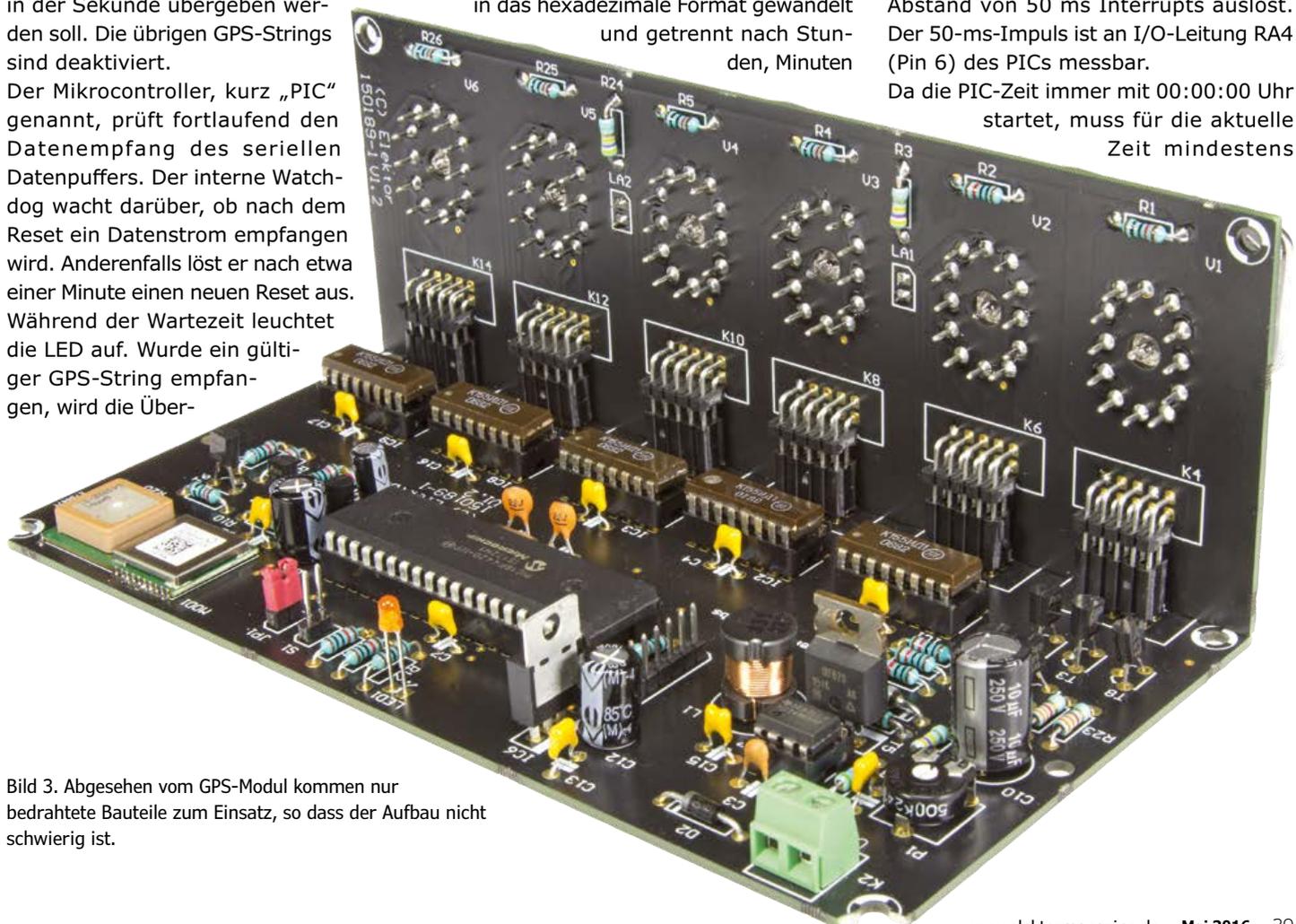


Bild 3. Abgesehen vom GPS-Modul kommen nur bedrathete Bauteile zum Einsatz, so dass der Aufbau nicht schwierig ist.

Programmier-Klippen

Schenkt man Microchip Glauben, wird der PIC18F4420 vom PICKit 2 und PICKit 3 unterstützt. Mit dem PICKit 3 verlief das Programmieren unseres Prototyps klaglos. Beim PICKit 2 war es unmöglich, den Mikrocontroller aus dem Programmer mit Strom zu versorgen. Das ist natürlich kein unlösbares Problem, denn die Schaltung kann die Stromversorgung übernehmen. Bei dieser Konfiguration arbeitet auch der PICKit 2 einwandfrei. Nach dieser Anlaufhürde ist die externe Stromversorgung entbehrlich. Wir haben den Eindruck, dass sich in der Software des PICKit 2 ein Bug befindet. Microchip unterstützt diesen Programmer nicht mehr, und wir haben das Web nicht nach einer Lösung des Problems durchforstet.

Noch ein Tipp am Rand: Der Programmer kann nicht unmittelbar auf den ISP-Anschluss aufgesteckt werden, der Spannungsregler und der zugehörige Elko sind hier im Weg. Mit einer sechspoligen Buchsenleiste, angelötet an eine abgewinkelte Stiftleiste, entsteht ein maßgeschneiderter Adapter. Dass diese Konstruktion eine perfekte Brücke zwischen ISP-Anschluss und Programmer ist, zeigt das Foto in **Bild 4**.

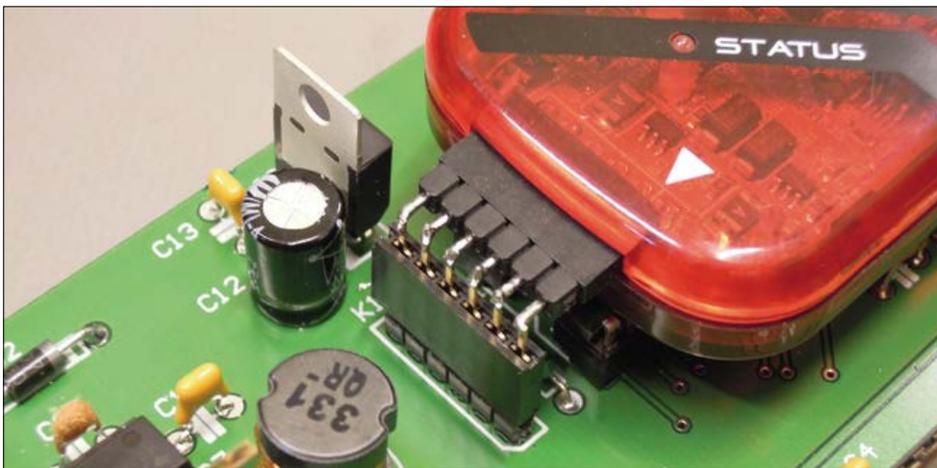


Bild 4. Dieser „Adapter“ für den Programmer wurde aus kurzen, gegeneinander gelöteten Kontaktleisten angefertigt.

ein gültiger GPS-String empfangen werden. Ist dies geschehen, wird die PIC-Zeit synchronisiert, die aktuelle Zeit wird angezeigt. Anschließend läuft die Uhr gesteuert durch die PIC-Zeit weiter. Jetzt startet ein zweistufiger Kontroll-Algorithmus, der fortlaufend die Stabilität des GPS-Empfangs überwacht. Die GPS-Strings werden analysiert, bei positivem Ergebnis wird die GPS-Zeit in einem Puffer abgelegt. Der Puffer speichert zehn Zeiten, wobei jede Zeit aus drei Bytes besteht. Eine gespeicherte Zeit ist identisch mit der Anzahl der Sekunden, die seit Mitternacht vergangen sind. Die zuletzt empfangene Zeit wird immer an Position 10 gespeichert, wobei die übrigen Zeiten um eine Position aufrücken. Die älteste Zeit an Position 1 fällt aus dem Puffer heraus. Solange der GPS-Datenstrom ungestört ist, beträgt die Differenz zwischen der neusten und der ältesten Zeit genau neun Sekunden. In diesem Fall wird das GPS-Signal mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt empfangen, die GPS-Zeit kann die PIC-Zeit synchronisieren.

Die Synchronisation findet mindestens einmal in der Stunde statt. Wenn die PIC-Zeit die volle Stunde um 30 Sekunden überschritten hat (XX:00:30 Uhr), leitet die Interruptroutine die Synchronisation ein. Ist die GPS-Zeit stabil, wird die PIC-Zeit mit der GPS-Zeit überschrieben. Der Zeitpunkt der Synchronisation ist so gewählt, dass eine eventuelle Korrektur nur bei den Sekunden auffallen kann, auf die Minuten und Stunden wirkt sie sich nicht aus. In der Praxis betrug die Abweichung niemals mehr als eine Sekunde, vorausgesetzt das 50-ms-Intervall der Interruptroutine ist sorgfältig auf seinen Sollwert abgeglichen.

Die stündliche Synchronisation ist kein absolutes Allheilmittel gegen Fehlfunktionen aller Art. Insbesondere nach einem Neustart können fälschlicherweise GPS-Strings als gültig erkannt werden, die beschädigt sind. Die GPS-Zeit weicht dann von der korrekten Zeit eklatant ab, und die fehlerhafte Zeit wird sehr lange nicht korrigiert. Im ungünstigsten Fall kann diese Fehlfunktion eine Stunde andauern. Ein zweiter Kontroll-Algorithmus beseitigt diese Gefahr und eliminiert gleichzeitig grob ungenaue Interrupt-Intervalle. Auch aus der PIC-Zeit wird jede Sekunde ein Zahlenwert gebildet, der die Anzahl der Sekunden seit Mitternacht dar-

Tabelle 1. Zeitzonen-Einstellungen

GMT = 0	GMT-Zeit	GMT = 19	GMT-7
GMT = 1	GMT+1 (Default)	GMT = 20	GMT-8
GMT = 2	GMT+2	GMT = 21	GMT-9
GMT = 3	GMT+3	GMT = 22	GMT-10
GMT = 4	GMT+4	GMT = 23	GMT-11
GMT = 5	GMT+5	GMT = 24	GMT-12
GMT = 6	GMT+6	GMT = 25	GMT+3.30
GMT = 7	GMT+7	GMT = 26	GMT+4.30
GMT = 8	GMT+8	GMT = 27	GMT+5.30
GMT = 9	GMT+9	GMT = 28	GMT+5.45
GMT = 10	GMT+10	GMT = 29	GMT+6.30
GMT = 11	GMT+11	GMT = 30	GMT+8.45
GMT = 12	GMT+12	GMT = 31	GMT+9.30
GMT = 13	GMT-1	GMT = 32	GMT+10.30
GMT = 14	GMT-2	GMT = 33	GMT+11.30
GMT = 15	GMT-3	GMT = 34	GMT+12.45
GMT = 16	GMT-4	GMT = 35	GMT-3.30
GMT = 17	GMT-5	GMT = 36	GMT-4.30
GMT = 18	GMT-6	GMT = 37	GMT-9.30

stellt. Sobald oder solange der GPS-Empfang stabil ist, wird die Differenz aus GPS-Sekunden und PIC-Sekunden berechnet. Ist die Differenz größer als 3 (ein Erfahrungswert), wird die PIC-Zeit mit der GPS-Zeit synchronisiert. Diese Methode mag umständlich erscheinen, in der Praxis hat sie sich seit Jahren bewährt.

Die Glimmlampe zwischen den Stunden und Minuten signalisiert die Zuverlässigkeit des Empfangs. Solange sie blinkt oder kontinuierlich leuchtet, findet die Synchronisation mit der GPS-Zeit statt. Wenn die Glimmlampe verloschen ist, wurde seit mehr als etwa 30 Sekunden kein gültiger GPS-String erkannt. Die Uhr wird dann vom internen PIC-Interrupt gesteuert, die absolute Genauigkeit ist nicht mehr gewährleistet.

Bedienung

Die Nixie-Uhr arbeitet vollautomatisch, trotzdem können Sie einige Funktionen von Hand einstellen. Mit Taster S1 können Sie festlegen, ob die Uhr der Zeitumstellung von der Sommerzeit zur Winterzeit (und umgekehrt) folgen soll. Ferner können Sie mit Taster S1 die Zeitzone einstellen, die für Ihre Region gilt.

Schalten Sie die Uhr aus und wieder ein. Drücken Sie innerhalb von fünf Sekunden Taster S1. Die Nixie-Röhre links

(Stunden-Zehner) zeigt jetzt an, ob die Zeitumstellung selbsttätig geschieht: Bei der „0“ wird sie nicht automatisch vorgenommen, die „1“ signalisiert, dass die Uhr die Zeit umstellt. Durch Drücken von S1 können Sie die Einstellung wechseln. Warten Sie nun, bis die erste Nixie-Röhre blinkt, danach drücken sie S1 noch einmal. Die mittleren Nixie-Röhren (Minuten) zeigen nun eine Zahl zwischen 0 und 37 an. Diese Zahlen stehen für die Zeitzonen, wie sie in **Tabelle 1** zusammengefasst sind. Mit S1 können Sie die Werte nacheinander durchlaufen. Wenn Sie die gewünschte Zeitzone erreicht haben und stoppen, wird der eingestellte Wert nichtflüchtig im EEPROM des Mikrocontrollers

gespeichert. Die Uhr startet dann mit dieser Zeitzone.

Bei nicht automatischer Anpassung an die Zeitumstellung können Sie die Uhr durch kurzes Drücken des Tasters S1 von Hand um eine Stunde weiterschalten. Nach ungefähr 10 Sekunden wird die neue Einstellung übernommen.

Aufbau

Die zweiteilige Platine für die *Neue* Nixie-Uhr, die der Elektor-Shop [2] liefert, ist in **Bild 2** wiedergegeben. Der Teil für die Steuerung mit dem Mikrocontroller und der Teil, der die Nixie-Röhren trägt, müssen mit einer Säge voneinander getrennt werden. Die Montage der Bauelemente

ist nicht schwierig. Unter der Web-Adresse [3] haben wir einen Video-Clip eingestellt, der die Montage demonstriert. Wie **Bild 3** zeigt, sind alle Bauelemente mit Ausnahme des GPS-Moduls bedrahtet. Am GPS-Modul befinden sich kleine Lötflächen, die mit den zugehörigen Flächen auf der Platine verbunden werden müssen. Mit einem feinen Lötcolben ist diese Arbeit schnell erledigt. Die Massefläche an der Unterseite muss nicht angelötet werden, dies gelingt nur in einem Reflow-Lötofen.

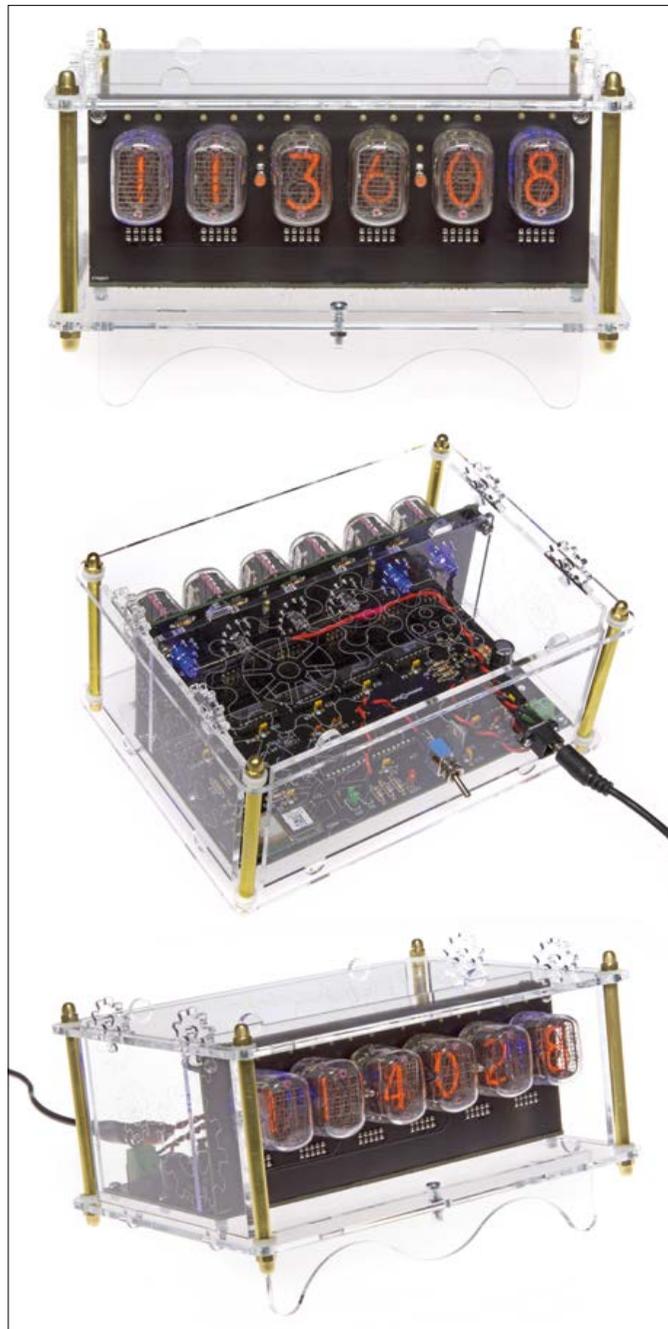
Montieren Sie zuerst die niedrigen Bauelemente. Die Spannungsregler kommen ohne Kühlkörper aus. Die Nixie-Röhren sind mechanisch empfindlich, sie müssen mit Vorsicht behandelt werden. Mit speziellen Fassungen stehen die Röhren fester auf der Platine, die Fassungen sind jedoch nicht obligatorisch. Schneiden Sie die Anschlussdrähte gestuft kürzer (nicht zu kurz!), so dass sie sich leicht in die Platinenbohrungen einfädeln lassen. Löten Sie zunächst nur einen Draht an, richten Sie die Röhre so aus, dass sie auf der Platine exakt senkrecht steht. Erst dann löten Sie die übrigen Anschlussdrähte fest.

Wenn die Montage abgeschlossen ist, schließen Sie das Steckernetzteil an (zum Beispiel 12 V/1 A). Warten Sie, bis das GPS-Modul das Satellitensignal empfängt. Die Anodenspannung der Nixie-Röhren beträgt etwa 180 V. Schon aus diesem Grund sollten Sie Ihre *Neue* Nixie-Uhr in ein berührsicheres und gleichzeitig stilvolles Gehäuse einbauen.

(150189)gd

Weblinks

- [1] [Platinenlayout und Software: www.elektormagazine.de/150189](http://www.elektormagazine.de/150189)
- [2] [Produkte im Elektor-Webshop: www.elektor.de/150189](http://www.elektor.de/150189)
- [3] [Montagevideo: https://youtu.be/p_rTXyVsRQ](https://youtu.be/p_rTXyVsRQ)



Baroduino



Barograph mit 48 Stunden Aufzeichnung und Sturmalarm

Von **Daniel Coppens** (Belgien)

Der atmosphärische Druck ist beim Segeln wahrscheinlich der wichtigste zu beobachtende Umweltparameter. In diesem Projekt wird der Luftdruck über eine Spanne von maximal 48 Stunden aufgezeichnet und auf einem 2,2"-Display dargestellt. Das Gerät alarmiert Sie zudem bei plötzlichen Änderungen, so dass Sie bei einer Sturmwarnung rechtzeitig den sicheren Hafen anlaufen können.

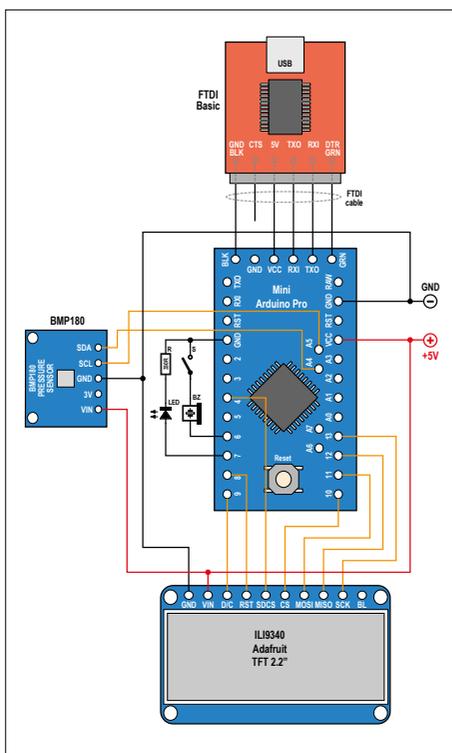


Bild 1. So werden die Hauptbestandteile miteinander verbunden. Beachten Sie den Verbinder für das optionale FTDI-Basic-Board zur Programmierung der Firmware.

Der elektronische Barograph zeigt den augenblicklichen Luftdruck und auch dessen Entwicklung im Laufe der letzten 48 Stunden auf einem 2,2"-TFT-Display in einer Grafik an. Da sich das Projekt vor allem an Seeleute richtet, überprüft es auch die Druckentwicklung in den letzten Stunden. Ein Summer und ein optischer Alarm (blinkende LED) warnen bei einem Druckabfall von mehr als 140 Pa/h, ein untrügliches Zeichen für einen herannahenden Sturm.

Mit Arduino und Display

Baroduino besteht aus nur drei Komponenten. Das Herz ist ein Arduino Pro Mini 5V, der die Werte eines Drucksensors BMP180 auf einem Breakout-Board von Sparkfun liest und berechnet und die Ergebnisse auf einem 2,2-Zoll-TFT-Bildschirm mit Micro-SD-Kartenhalter von Adafruit darstellt. **Bild 1** zeigt das Setup. Eine (optionale) stabile 5-V-Stromversorgung auf Basis eines LM2574 (**Bild 2**) ermöglicht den problemlosen Anschluss des Barographen an jedes Bordnetz, das eine Spannung von 5...40 V besitzt. Alternativ kann eine Stromquelle von bis zu

12 V direkt mit dem RAW-Pin des Arduino verbunden werden, denn der Arduino Pro Mini ist mit einem Step-down-Regler ausgestattet, der die RAW-Spannung auf die Betriebsspannung des Controllers reduziert. Diese Spannung liegt auch am 5-V-Pin des Arduino und kann etwas Peripherie wie den Drucksensor und das TFT-Display mit Strom versorgen.

Die Alarmfunktion ist optional und erfordert nur einen Piezo-Summer, eine LED mit einem Strombegrenzungswiderstand und einen Schalter, um den Alarm wieder abzuschalten. Ob Sie die LED und/oder den Summer einsetzen oder nicht, die Software bleibt immer die gleiche. Der Drucksensor BMP180 misst auch die Temperatur. Also warum sie nicht auch auf dem Display anzeigen? Der Mehrwert ist allerdings begrenzt, da der Sensor die Temperatur dort misst, wo er angebracht ist, was natürlich nicht unbedingt der tatsächlichen Außentemperatur entspricht.

Der (Software-)Kern der Schaltung

Die Hardware des Projektes ist sehr einfach. Aber da ein Mikrocontroller beteiligt

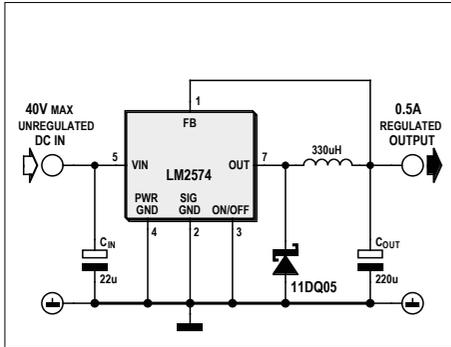


Bild 2. Wenn die verfügbare Spannungsquelle mehr liefert als +12 V, kommt diese Schaltung zum Einsatz, mit der Baroduino an Versorgungen bis 40 V arbeiten kann.



Bild 3. Ein voller 48-Stunden-Graph kommt natürlich erst nach 48 Stunden Luftdruckloggen zustande!

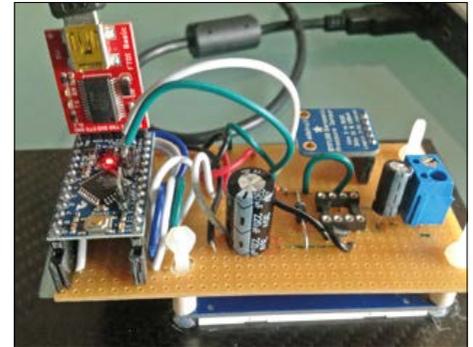


Bild 4. Der Autor hat die Schaltung auf einem Stück Lochraster aufgebaut. Der TFT-Screen ist auf der Unterseite angebracht, so dass der Barograph bequem eingebaut werden kann.

ist, ist auch eine Software - oder besser Firmware - obligatorisch. Der Arduino-Sketch, wie ein Programm für einen Arduino genannt wird, ist etwas komplizierter als die Hardware.

Im Wesentlichen hat die Software die Aufgabe, den Atmosphärendruck und die Temperatur, die der Sensor ermittelt, alle 5 Sekunden zu lesen. Diese Rohdaten werden dann verarbeitet und kalibriert. Die Routine, die dies erledigt, stammt von Jim Lindblom, dem ich hier für seine Bemühungen danken möchte. Der kalibrierte Druck wird dann auf dem TFT-Bildschirm angezeigt und auch auf der Micro-SD-Karte gespeichert. Eine FAT16-formatierte 2-GB-Micro-SD-Karte ist ausreichend.

Alle weiteren Berechnungen von Druckänderungen und die Anzeige des Graphen werden durch das Lesen der Daten aus der Micro-SD-Karte initiiert. Der Graph wird alle 60 s aktualisiert. Die grafische Darstellung über die gesamte Breite des Bildschirms wird nach 48 Stunden Datenerfassung angezeigt (**Bild 3**).

Software-Bibliotheken

Der für das Projekt entwickelte Sketch verwendet einige Standard-Bibliotheken, die zu Beginn des Codes angegeben werden. Daneben sind zwei Bibliotheken von Adafruit nötig, Adafruit_GFX.h und Adafruit_ILI9340.h, die beide von GitHub heruntergeladen werden können ([1] und [2]). Sie müssen erst installiert werden, bevor sie in der Arduino-Entwicklungsumgebung (IDE) verwendet werden [3]. Der Installationsvorgang wird im Detail in [4] beschrieben.

Überprüfen Sie gut, ob alle Bibliotheken eingebunden sind, bevor Sie den Sketch in die Arduino-Entwicklungsumgebung laden.

Nur noch alles zusammensetzen...

Nach der Verdrahtung der Hardware, dem Download des Sketches [5] und dem Öffnen in der Arduino-IDE kann der Sketch zum Arduino-Board hochgeladen und gestartet werden.

Der Pro-Mini besitzt keinen USB-Anschluss, so dass ein FTDI-Kabel benötigt wird, um das Board am PC anschließen zu können. Wenn Sie einen Arduino mit Onboard-USB verwenden, lässt es sich natürlich mit einem gewöhnlichen USB-Kabel mit dem PC verbinden.

Wie auch immer, nach der Programmierung des Mikrocontrollers auf dem Arduino erscheint prompt der momentane Druck (und die Temperatur) auf dem TFT-Bildschirm. Die Kurve baut sich langsam über einen Zeitraum von 48 Stunden über die gesamte Breite des Displays auf. Wenn Sie aus irgendeinem Grund mit dem Projekt nicht klarkommen oder etwas dazu sagen möchten, besuchen Sie bitte unsere Elektor-Labs-Website und nehmen Sie an der Diskussion teil [6]. Der Prototyp des Autors ist in **Bild 4** zu sehen. ◀

(150425)

Weblinks

- [1] Bibliotheken auf Github: <https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>
- [2] Bibliotheken auf Github: https://github.com/adafruit/Adafruit_ILI9340
- [3] Arduino-Entwicklungsumgebung: www.arduino.cc/en/Main/Software
- [4] Wie eine Bibliothek installiert wird: www.arduino.cc/en/Guide/Libraries
- [5] Project-Webseite: www.elektormagazine.com/150425
- [6] Projekt auf unserer Labs-Webseite: www.elektor-labs.com/node/4449

Was gebraucht wird:

Unbedingt:

- Arduino Pro Mini 5 V 16 MHz (oder ähnliches Board, aber Pinbelegung beachten)
- FTDI-Breakout-Board, um den Sketch in den Arduino zu laden (zum Beispiel SparkFun FTDI Basic Breakout – 5 V)
- 2,2"-TFT-Screen ILI9340 von Adafruit mit Micro-SD-Halter
- Micro-SD-Karte 2 GB, formatiert in FAT16
- Sparkfun-Sensor BMP180

- 2 Schalter, um den Barographen ein- und den Alarm abzuschalten
- 2 LEDs, grün für Power und rot für den Sturm-Alarm
- 2 Widerstände 330 Ω für die LEDs
- 1 Piezosummer

Optional:

Geregelte 5-V-Spannungsversorgung:

- LM2574
- 22-µF- und 220-µF-Kondensator
- Diode 11DQ05
- Spule 330 µH

i-Pendel

Teil 2: Software, Aufbau und Diagnose

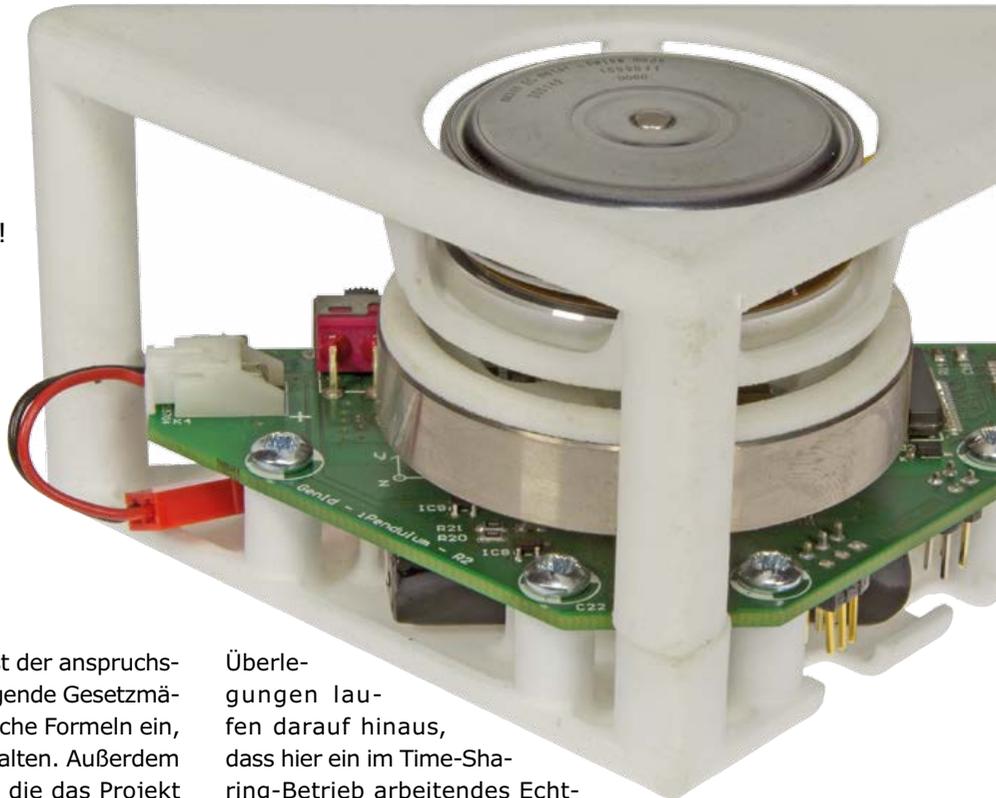
Von **Jean-Sébastien Gonsette** (Belgien)

Beim letzten Mal haben wir den theoretischen Hintergrund dieses Gleichgewichtskünstlers beleuchtet, jetzt ist die Zeit der Praxis gekommen! Wir weihen Sie in die Feinheiten der regelungs-technischen und mechanischen Konstruktion ein. Nach Vollendung des Werks können Sie die inneren Abläufe des i-Pendels mit einem dafür entwickelten Diagnose-Programm ergründen.

Software

Die Embedded-Software des Mikrocontrollers ist der anspruchsvollste Teil dieses Projekts. Dort fließen grundlegende Gesetzmäßigkeiten, Simulationsmodelle und mathematische Formeln ein, die zusammen das i-Pendel im Gleichgewicht halten. Außerdem sind noch Hintergrundaktivitäten nötig, ohne die das Projekt nicht laufen würde. Es geht um die Kommunikation mit den Sensoren, die Motorsteuerung und die Kommunikation mit dem PC, so dass die Telemetrie-Daten (Sensor-Signale, Drehmomente, i-Pendel-Positionen, Akku-Daten...) dort betrachtet und analysiert werden können. Diese Tasks dürfen die Regelung nicht ausbremsen. Die AD-Wandlung der Sensor-Signale dauert ungefähr 10 ms. Adäquates Reagieren auf Sensor-Signale erfordert zwar wenig Rechenleistung, doch die Firmware muss darauf möglichst schnell reagieren. Dies bedeutet, dass Nebenfunktionen wie die Kommunikation mit dem UART nicht in die Regelungsschleife einbezogen werden dürfen. Die Routinen dieser Funktionen werden ständig unterbrochen, sie müssen ihre Aufgaben trotzdem erfüllen.

Das Schreiben eines solchen Programms für einen einzelnen Mikroprozessor ist sicher nicht trivial. Die gängige Struktur besteht aus einer Hauptschleife, sie ruft die untergeordneten Module der Reihe nach auf. Dieses Konzept kann nur aufgehen, wenn die miteinander konkurrierenden Module nicht allzu zahlreich sind. Die Module haben meistens unterschiedliche oder sogar variable Periodenlängen, was enorme Schwierigkeiten mit sich bringt. Wenn eine schnelle Verarbeitungsschleife mit einer langsamen Rechenschleife im Hintergrund kooperieren muss, wie sollen beide miteinander in Einklang gebracht werden? Mit kooperativem Time-Sharing? Interrupts? Der Mikroprozessor unterstützt diverse Mechanismen, um Energie zu sparen, die natürlich nicht brach liegen sollen. Wenn dies alles und noch einiges mehr in einer klassischen Endlosschleife untergebracht werden müsste, wäre diese Endlosschleife ein halbsprecherisches Kunststück. Die



Überlegungen laufen darauf hinaus, dass hier ein im Time-Sharing-Betrieb arbeitendes Echtzeit-Betriebssystem (Real-time Operating System, RTOS) geschaffen werden muss.

Ein Echtzeit-Betriebssystem bietet den Vorteil, dass der Programmcode modular aufgebaut werden kann. Die Teilkomponenten der Applikation arbeiten voneinander unabhängig an den ihnen übertragenen Aufgaben. Das RTOS ist im Hintergrund damit beschäftigt, Rechenzeiten zuzuweisen, so dass die Tasks quasi gleichzeitig abgearbeitet werden. Außerdem stellt ein Betriebssystem diverse strukturierte Methoden der gegenseitigen Kommunikation bereit, so dass die Problematik globaler Variablen umgangen wird. Verglichen mit einem konventionellen Betriebssystem ist ein RTOS überschaubar und reaktionsschnell. Alles dies sind gute Gründe, die Firmware des i-Pendels als Applikation zu schreiben, die unter einem eigenen RTOS mit dem Namen *NanoScale* läuft. Weitere Informationen zu diesem Thema sind auf der Website von GenId [1] zu finden.

Architektur

Die Architektur der Embedded-Anwendung ist, wie **Bild 1** zeigt, aus drei Subsystemen zusammengesetzt.

1. Kommunikation (Communication) mit der Außenwelt über eine serielle Schnittstelle. Eine Task nimmt Kommandos entgegen, eine andere Task sammelt Sendeaufträge der Applikation und schickt die zugehörigen Daten portionsweise zum UART. Diese Task übernimmt auch das Zeitmultiplexen der zu sendenden Daten. Bei den Daten handelt es sich entweder um Antworten auf empfangene Kommandos

oder um spontan gesendete telemetrische Informationen.

2. Die **Steuerung (Control)** ist eine Task mit hoher Priorität, sie wird im Abstand von 10 ms aktiv. Die Sensoren werden gelesen, der Zustand des i-Pendels wird bewertet, und daraus wird nach dem zutreffenden Algorithmus das benötigte Drehmoment berechnet. Jede Grundfunktion des i-Pendels

hat einen eigenen Algorithmus: Auftrieb, statisches Gleichgewicht, Balance um den Schwerpunkt und so weiter.

3. Das **Management (Mngt)** beschäftigt sich mit allgemeinen Aufgaben wie beispielsweise Aktivieren der Steuerung, Überwachen der Akkuspannung oder Blinken der LEDs.

Initialisierung und Abstraktion des Mikrocontrollers

In dem Modul *Board Support Package (BSP.c)* wird der Mikrocontroller initialisiert. Zuerst wird die interne Taktfrequenz definiert und die periphere I/O konfiguriert. Dann werden die Treiber für die Peripherie initialisiert: SPI-Bus und UART sowie Treiber für den Beschleunigungssensor ADXL345 und die Gyroskop-Treiber für den ISZ2510. Die beiden letztgenannten kommunizieren

mit ihren gleichnamigen Sensoren über SPI. Schließlich wird das RTOS initialisiert.

Das *Board Support Package* ist gleichzeitig eine Abstraktionsschicht, die den Mikrocontroller von der übrigen Applikation abschirmt. Es enthält alle Interruptroutinen (ISRs), wobei die ISR für INT2 eine wichtige Funktion hat. Diese ISR reagiert auf das Tachometersignal der Motorsteuerung. Das Tachometer generiert einen Impuls bei jedem Achtel einer Achsumdrehung, daraus wird die Drehzahl abgeleitet.

Die Abstraktionsschicht setzt sich aus spezifischen APIs zusammen und bietet darüberliegenden Applikation triviale Funktionen an. Dazu gehören zum Beispiel das Steuern von LEDs, das Simulieren eines EEPROM im internen Flash-Speicher, das Lesen der Akku-Spannung oder das Bedienen der Motorsteuerung.

Externe Schnittstellen

Das Modul `battery.c` liest die Akkuspannung über einen analogen Eingang des Mikrocontrollers und korrigiert den Wert mit einem Kalibrierungs-Faktor. Danach wird aus den gemessenen Werten von Strom und Spannung der Ladezustand ermittelt. Das Modul `motor.c` macht über IC3, einen L6235, die Schnittstellen für die Motorsteuerung verfügbar. IC3 steuert den Strom, der durch die Motorwicklungen fließt. Der Strom hängt von der Spannung V_{ref} ab, die an IC3 liegt. Die Anzugskraft eines kollektorlosen Motors ist proportional zum Strom durch die Wicklungen, so dass hier zumindest theoretisch gleichzeitig das Drehmoment gesteuert wird. Dies ist eine Größe, die für das Balancieren eine zentrale Bedeutung hat.

Leider gibt es zwei Probleme, die der Lösung bedürfen. Das erste Problem besteht darin, dass der L6235 nicht im Vierquadranten-Modus betriebsfähig ist. Er steuert das Drehmoment nur, wenn die Richtung mit der Achsrotation übereinstimmt. Das zweite Problem ist das Verhalten des L6235, wenn das Drehmoment nur gering ist.

Beim Lösen des ersten Problems half uns ein intelligenter Entwicklervorschlag von STMicroelectronics. Der L6235 wird mit

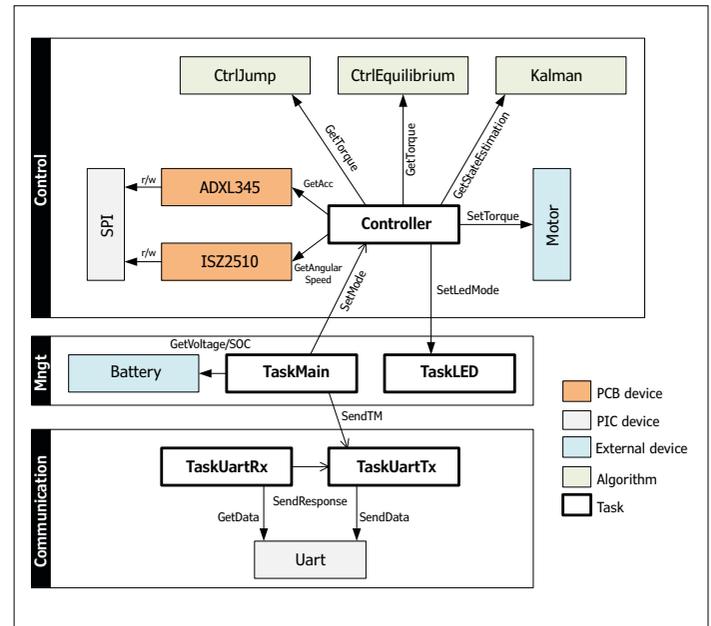


Bild 1. Übersicht über die Architektur der Firmware.

einem PWM-Signal an seinem Eingang FWD/REV gesteuert, der die Motordrehrichtung bestimmt. Der Motor ist das Glied einer H-Brücke, und der Duty-Cycle des PWM-Signals an FWD/REV bestimmt, was geschieht: Über 50 % ist gleichbedeutend mit Vorwärts, unter 50 % mit Rückwärts. Damit lassen sich in kürzesten Zeiten sowohl die Richtung als auch das Drehmoment stellen. Mehr zu dieser Methode steht in dem schon genannten Entwicklervorschlag, dem *Design Tip* von STM [2]. Nach einigem Probieren hatten wir die Kombination von Steuersignalen gefunden, die eine negative Antriebskraft bewirkt, also den Motor bremst.

Das Bearbeiten des zweiten Problems gestaltete sich schwieriger. Dafür haben wir noch keine befriedigende Lösung gefunden, so dass wir ihm vorläufig aus dem Weg gehen. Wenn das Drehmoment niedrig sein muss, ist die Steuerung des L6235 inaktiv. Ausgehend von der theoretischen Motorcharakteristik wird das oben beschriebene Verfahren angewendet, auf dieser Basis wird ein mittleres Drehmoment für die differentielle Regelzeit berechnet. Die Methode kann jedoch keine Diskontinuität ausschließen, wenn sich die Drehrichtung umkehrt. Vorläufig bedeutet dies, dass die Balance nicht geregelt wird, wenn sich die Drehzahl des Schwungrades dem Wert 0 nähert.

Sensor-Treiber

Der Treiber für den ADXL345 (IC4) steckt in dem gleichnamigen Modul `ADXL345.c`. Dies ist eine API für Sensor-Funktionen wie die Daten-Übertragungsgeschwindigkeit, den Energiesparmodus und anderes mehr. Der Treiber kommuniziert mit dem Sensor, indem er bei Bedarf Frames über SPI ausgibt. Die wichtigste Funktion ist das Lesen der letzten Beschleunigungswerte (in mg) entlang drei Achsen: `ADXL345_GetAccelerations`. Der Treiber des ISZ2510 (IC6) arbeitet ähnlich, er befindet sich im Modul `ISZ2510.c`. Seine Hauptaufgabe ist das Lesen des letzten Werts der Winkelgeschwindigkeit (in Tausendstel °/s): `ISZ2510_GetAngularSpeed`.

```

// Compute state feedback current
torque = -K1*body_a -K2*body_w -K3*wheel_w;

// Compute torque
torque *= p->Km;

```

Bild 2. Verantwortlich für das Gleichgewicht sind zwei Zeilen des Programmcodes.

Task-Verteilung

Die Rechenleistung des Mikrocontrollers ist in mehrere Tasks aufgeteilt, die mehr oder weniger kritisch sind. Das RTOS führt dabei Regie, indem es stets die Task mit der höchsten Priorität vorzieht. **TaskLED.c** hat von allen die niedrigste Priorität, wie der Name vermuten lässt, steuert diese Task die LEDs. Zu jeder LED gehört ein Blinkgenerator, der die LED allein oder synchron mit den anderen blinken lässt.

TaskMain.c besitzt in der Rangfolge die höchste Priorität. Zu Beginn prüft die Task, ob die Organe und Sinne des i-Pendels bereit sind, also die Motorsteuerung arbeitet und die Sensoren antworten. Dann startet die Regelungsschleife (**Controller.c**, siehe unten), und das Durchlaufen eines Zyklus wird abgewartet. Das Signal erscheint im Abstand von 10 ms. Dann werden alle benötigten Informationen gesammelt, und die Telemetrie-Frames werden über den UART gesendet (**SendTM** im Schema). Die Daten bestehen aus den Sensor-Werten, dem Balance-Zustand hinter dem Kalman-Filter und den Signalen für die Motorsteuerung. Im Minutenabstand wird die Akkuspaltung gelesen.

TaskUartTx.c schickt die Informationen des i-Pendels (*messages*) zum UART, dabei handelt es sich um Antworten auf Kommandos oder Telemetrie-Daten. Zuvor werden die Messages in einem FIFO-Puffer zwischengespeichert.

TaskUartRx.c verarbeitet die Kommandos, die der UART empfängt und die Informationen über den Systemzustand enthalten, sofern sie nicht zu den Telemetrie-Daten gehören. Das betrifft beispielsweise den Betriebszustand des RTOS, den Ladezustand des Akkus und so weiter.

Controller.c ist die Task mit höchster Priorität. Zu ihren Aufgaben gehört die Regelung der Balance, der Regelungszyklus dauert 10 ms. Ein Zyklus besteht aus folgenden Schritten:

1. Lesen der Sensoren (Beschleunigungssensor und Gyroskop),
2. Schätzen des Balancezustands mit den Sensor-Werten als Eingangsgröße für das Kalman-Filter (in **KalmanFree.c**),
3. Berechnen des Setpoints für das gewünschte Drehmoment, abhängig vom Modus (**CtrlEquilibrium.c** für das Balancieren oder **CtrlJump.c** für das Aufrichten),
4. Anwenden dieses Setpoints.

Der Kern der Regelung belegt zwei Programmzeilen (**Bild 2**), die fortlaufend berechnen, mit welchem Drehmoment das i-Pendel im Gleichgewicht bleibt. Der Rest ist eigentlich nur Beiwerk. Allerdings steckt auch hier der Teufel im Detail.

Aufbauen des i-Pendels

Die Abmessungen des i-Pendels halten sich in Grenzen, dem muss auch das Platinenlayout Rechnung tragen. Die Dichte der Bauelemente, hauptsächlich SMDs, ist auf der doppelsei-

Stückliste

Widerstände:

(SMD 0805, 0,125 W, 1 %, wenn nicht anders angegeben)

R1, R21 = 10 k
R2 = 330 Ω
R3, R4, R5, R22 = 130 Ω
R6 = 100 Ω, SMD 1206, 0,25 W, 1 %
R7 = 100 k
R8, R9, R10, R11 = 1 Ω, SMD 1206, 0,25 W, 1 %
R12 = 56 k
R13 = 11 k
R14, R20 = 20 k
R15, R26 = 24k9
R16, R17, R18 = 4k7
R19 = 1 k
R23 = 215 k
R24 = 15 mΩ, SMD 2512, 1 W, 1 %
R25 = 160 k

Kondensatoren:

(SMD 0805, 50 V, 10 %, wenn nicht anders angegeben)

C1, C37, C40 = 10 µF, 16 V, SMD 1206
C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C10, C21, C22, C23, C25, C26, C30, C31 = 100 n
C9, C11, C12, C17, C24, C36, C39 = 10 n
C13, C15, C33 = 220 n
C14, C29 = 68 µF, 16 V, 20 %, 0Ω05, SMD-D
C16 = 5n6

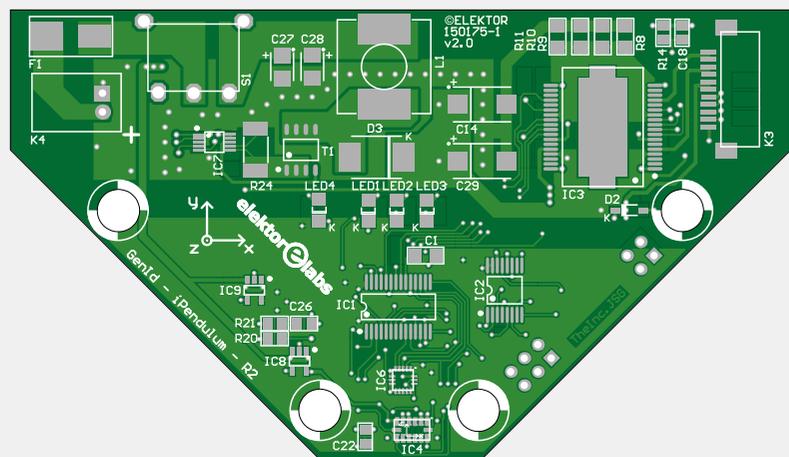
C18 = 1n2
C19 = 33 n
C20, C32, C35, C38 = 1 µ
C27, C28 = 47 µ, 10 V, 20 %, 0Ω035 SMD-D
C34 = 100 p

Induktivität:

L1 = 5 µH, abgeschirmt, high-power

Halbleiter:

D1, D2 = 1N4148W
D3 = MBR340T3G
LED1 = LED, SMD 1206, rot
LED2 = LED, SMD 1206, gelb
LED3, LED4 = LED, SMD 1206, grün
IC1 = dsPIC33EP128MC202-I/SS, Microchip
IC2 = SN65C3221E
IC3 = L6235PD



tigen Platine hoch.

Der Beschleunigungssensor und das Gyroskop bedürfen besonderer Maßnahmen, denn es gibt sie ausschließlich im LGA-Gehäuse (*Land Grid Array*). Ein konventioneller Lötcolben kann hier nichts ausrichten, notwendig ist ein SMD-Lötofen!

Wenn die Platine aufgebaut ist, muss der Mikrocontroller über Steckverbinder K1 mit der Firmware programmiert werden. Die Firmware steht auf der Projektseite [3] neben dem Quellcode zum freien Download bereit. Bei Bedarf kann die Firmware mit MPLAB X von Microchip modifiziert und neu kompiliert werden. In der Ansicht, die **Bild 3** zeigt, ist die Platine bereits in das i-Pendel eingebaut.

Platine testen

Vor dem Zusammenbau des i-Pendels sollten Sie die bestückte Platine testen. Als Stromversorgung können Sie ein Steckernetzteil 6...10 V oder einen geladenen LiPo-Akku an K4 anschließen. Nachdem LED4 aufleuchtet, prüft die Firmware, ob eine Kommunikation mit dem Beschleunigungssensor und dem Gyroskop möglich ist. Nun verbinden Sie den Motor mit Steckverbinder K3. Die Motorachse muss sich kurz drehen, und LED1 darf nicht leuchten. Die rote, gelbe und grüne LED auf der Platine signalisieren die Aktivitäten des i-Pendels. LED1 (rot) hat die wichtigste Bedeutung, sie zeigt an, dass ein kritischer Fehler vorliegt, so dass das i-Pendel seine Funktion verweigert. Der Blinkrhythmus gibt ersten Aufschluss über die Fehlerursache. Regelmäßiges, ununterbrochenes Blinken deutet auf niedrige Akkuspannung hin, bei zweimal kurzem Aufleuchten in Folge kann die Steuerung den Motor nicht finden, und drei oder vier Lichtimpulse mit dazwischen liegenden Pausen bedeuten, dass der Mikrocontroller vergeblich versucht, die Kommunikation mit den Sensoren aufzubauen.

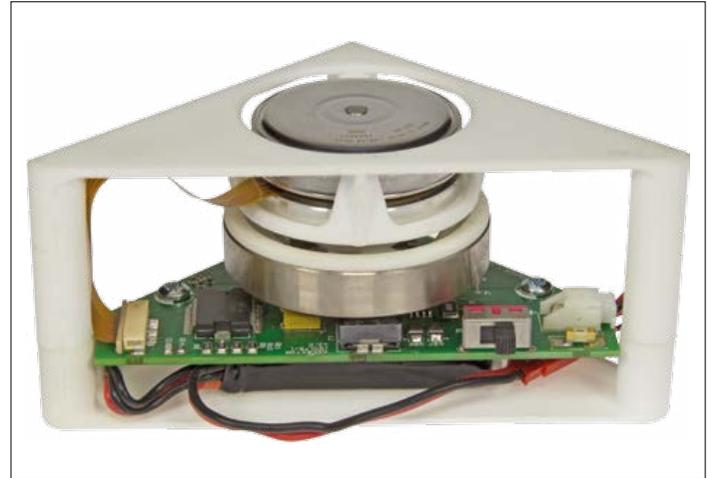
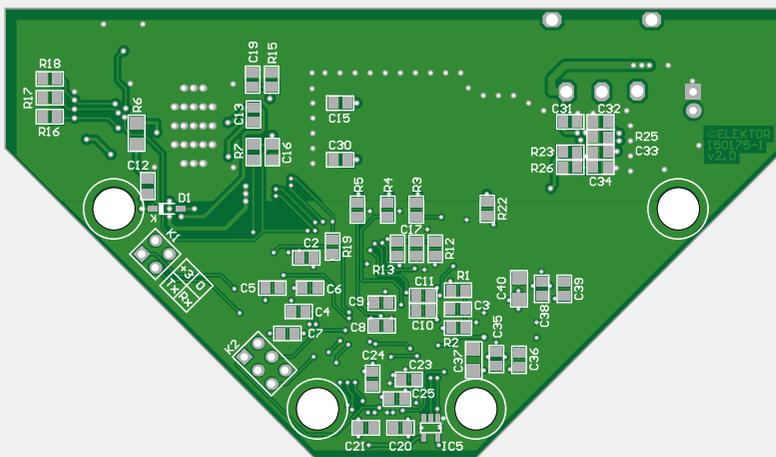


Bild 3. Das i-Pendel, von unten nach oben: Akku, Platine, Schwungrad und Motor. Der zweiteilige Rahmen wurde mit einem 3D-Drucker gefertigt.

Wenn das i-Pendel seinen regulären Betrieb aufgenommen hat, sind mehrere Zustände möglich. Zuerst wartet das i-Pendel auf seine stabile Lage, alle LEDs bleiben dunkel. Wenn das i-Pendel startklar ist, sich aufzurichten, beschleunigt es das Schwungrad, ein Lauflicht in Richtung der bevorstehenden Bewegung wird sichtbar. Nach dem Aufrichten blinkt LED3 so lange, wie das i-Pendel im Gleichgewicht ist.

Übersicht über die Einzelteile

Wenn die Einzelteile des i-Pendels bereit liegen, ist der Zusammenbau nicht mehr weit. Hier ist die Liste der Einzelteile:



IC4 = ADXL345BCCZ
 IC5 = SN74AHC1G32DBVT
 IC6 = ISZ-2510
 IC7 = MAX668
 IC8 = LP2985-33DBVTE4
 IC9 = LP2992IM5-3.3/NOPB
 T1 = FDS6680AS

Außerdem:

F1 = Sicherung 8 A, 125 V, SMD
 K1 = Stiftleiste 2 · 2-polig, RM 2,54 mm
 K2 = Stiftleiste 2 · 3-polig, RM 2,54 mm
 K3 = Steckverbinder FFC/FPC, ZIF, 11-polig, RM 1 mm, abgewinkelt
 K4 = Steckverbinder S2B-XH-A
 S1 = Schiebeschalter, SPDT, abgewinkelt
 Platine 150695-1

Nicht auf der Platine:

M1 = Motor, EC 45 Flat, Ø 42,9 mm, kollektorlos, 12 V, 30 W, mit Hall-Sensoren
 BAT1 = Lithium-Polymer-Akku, 7,4 V, 2S 30C, 450 mAh

Mechanische Teile:

Rahmenhälfte für Platine (3D-Drucker)
 Rahmenhälfte für Motor (3D-Drucker)
 Nabe für Schwungrad (3D-Drucker)
 Ring für Schwungrad, Ø außen = 55 mm, Ø innen = 48 mm, Höhe = 10 mm (Misumi)
 Schrauben für Motor: 3 Stück M3, 6 mm lang
 Schrauben für Rahmen: 6 Stück NO6X1/2

Anschlusskabel für den Akku:

JST-RCY-Stecker, männlich, mit Gehäuse
 JST-XH-Stecker, weiblich, mit Gehäuse
 Leitung einadrig, AWG 20, rot, 40 mm
 Leitung einadrig, AWG 20, schwarz, 40 mm



Bild 4. Der Motor mit montiertem Schwungrad und der zweiteilige Kunststoffrahmen.

1. Aufgebaute und funktionsfähige Platine, hier müssen nur noch Einstellungen vorgenommen werden.
2. Lithium-Polymer-Akku 7,4 V, Abmessungen 5 · 3 · 1 cm. Wir haben einen Typ von TeamOrian verwendet, der die vielsagende Bezeichnung „7,4V Lipo 2S 30C 450mah“ trägt. Am Anschlusskabel dieses Typs ist ein JST-RCY-Stecker ange-

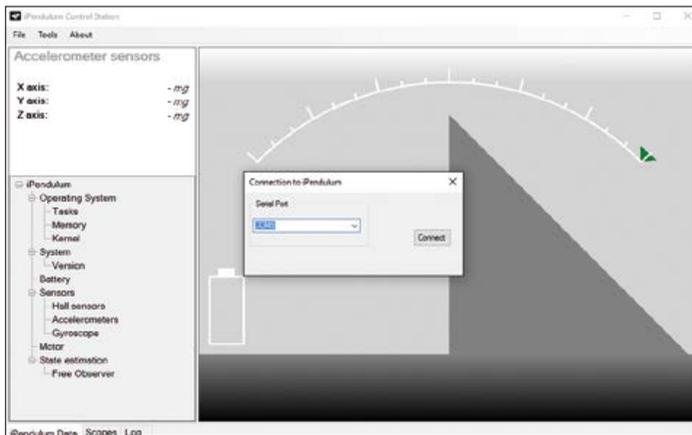


Bild 5. Das i-Pendel wird an das Diagnoseprogramm *iPendulum Control Station* gekoppelt.

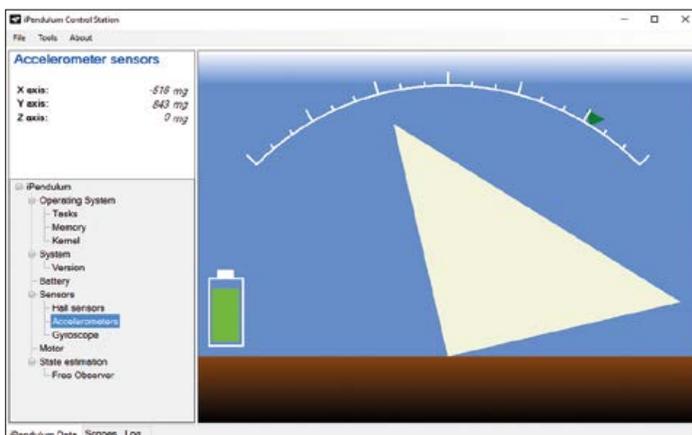


Bild 6. Im Diagnoseprogramm wird das i-Pendel stilisiert in Echtzeit dargestellt.

bracht, im Modellbau auch als BEC-Stecker bekannt. Da dieser Stecker mit der Platine nicht kompatibel ist, muss ein Adapter zum dort befindlichen JST-XH-Steckverbinder angefertigt werden. Es gibt zwar Spezialzangen, die den Stecker auf das Kabel lötfrei aufpressen, doch sie sind nicht nur teuer, sondern auch für nur einen einzigen Steckertyp konstruiert. Deshalb erscheint es sinnvoller, die Stecker auf konventionelle Weise mit dem LötKolben an das Kabel zu löten.

3. Drei Kunststoff-Teile: Der Rahmen besteht aus zwei Hälften, eine Hälfte nimmt die Platine und die andere den Motor auf. Das dritte Kunststoffteil ist die Nabe des Schwungrades. Die Dateien für das Anfertigen mit einem 3D-Drucker können von der Projektseite [3] heruntergeladen werden. Der Autor hat die Teile von einem 3D-Print-Service [4] anfertigen lassen. Das Material ist ein leichter, weißer Kunststoff, andere Materialien können höhere Gewichte und größere Toleranzen der Abmessungen haben.
4. Kollektorloser Motor, EC 45 Flat-Serie, Maxon-Artikelnummer 200142. Mit seiner ungewöhnlich flachen Form ist dieser Motor für das i-Pendel ideal geeignet.
5. Ein metallener Ring als Masse des Schwungrades. Der Ring hatte beim Autor den Außendurchmesser 55 mm, der Innendurchmesser betrug 48 mm und die Stärke war 10 mm. Die Artikelnummer bei Misumi [5] lautet AWSM-D-D55-V48-T10. Der komplexe Teil des Schwungrades wird mit einem 3D-Drucker aus Kunststoff angefertigt. Nur der Ring, der die Schwungmasse verkörpert, besteht aus Metall.
6. Schrauben für die Montage der Einzelteile: Drei Gewindeschrauben M3, 6 mm lang, zum Befestigen des Motors, sowie sechs selbst schneidende Kunststoffschrauben für die Platinen und die Rahmenhälften. Die Abmessungen der Kunststoffschrauben richten sich nach den Gegebenheiten.

Mechanischer Zusammenbau

Der Zusammenbau des Schwungrades erfordert erhöhte Sorgfalt. Zuerst klemmen Sie den Metallring um die Kunststoffnabe, nehmen Sie dafür einen Schraubstock zu Hilfe. Beide Teile sind so bemessen, dass sie durch die mechanische Spannung dauerhaft verbunden bleiben. Falls sich der Ring nicht aufschieben lässt, müssen Sie die Nabe rundum leicht schmiegeln. Sollte der Ring zu weit sein, helfen einige Tropfen Sekundenkleber. Danach müssen Sie die Bohrung (4 mm Ø) für die Motorachse in das Schwungrad bohren. Hier ist Präzisionsarbeit zu leisten, denn die Bohrung muss sich exakt im Mittelpunkt befinden, und sie muss exakt senkrecht zur Ebene der Nabe ausgerichtet sein! Wenn möglich, benutzen Sie eine solide, auf festem Sockel stehende Standbohrmaschine. Wir empfehlen, einige Probebohrungen in weniger wertvolle Werkstücke vorzunehmen. Die geringste Abweichung oder Asymmetrie hat später ein Ungleichgewicht und Wackelerscheinungen zur Folge, was beim i-Pendel unbedingt vermieden werden muss.

Befestigen Sie zuerst den Motor mit drei Schrauben an einer Rahmenhälfte, das Kabel führen Sie durch die Aussparung in der Motoraufhängung (siehe **Bild 3**). Setzen Sie das Schwungrad auf die Achse (**Bild 4**), und achten Sie darauf, dass Sie auf die Mitte des Motorgehäuses drücken. Das Belasten des Außenrands kann zur Beschädigung des Motors führen. Wenn beides nicht exakt zusammenpasst, muss entweder die Bohrung geweitet werden, oder die Teile werden mit einem Tropfen Sekundenkleber fixiert.

Der Abstand zwischen dem Schwungrad auf dem Motor und der Induktivität L1 auf der Platine ist äußerst knapp bemessen. Dieses Problem haben wir mit einem Zwischenring zwischen dem Motor und der Motoraufhängung gelöst. Der Abstand zwischen dem Schwungrad und Induktivität L1 wird so um etwa 1 mm vergrößert. Inzwischen haben wir die 3D-Drucker-Dateien angepasst, so dass der Zwischenring entfallen kann. Damit sind die schwierigsten Schritte des mechanischen Zusammenbaus erledigt. Befestigen Sie jetzt die Platine mit vier selbst schneidenden Schrauben an der anderen Rahmenhälfte. Verbinden Sie das Motorkabel mit Steckverbinder K3 und montieren Sie die Rahmenhälften mit den übrigen Schrauben gegeneinander.

Herzlichen Glückwunsch! Ihr i-Pendel ist nun fast startklar. Schieben Sie nur noch den geladenen LiPo-Akku an seinen Platz und schließen Sie ihn an.

Jetzt geht es los!

Wenn Sie das i-Pendel mit einer Seitenfläche (ganzes Dreieck) flach auf die Unterlage legen, kann es sich nicht aufrichten. Es wechselt dann automatisch in den Sleep-Modus. Soll sich das i-Pendel selbst aufrichten, muss die Seite, auf der es balanciert, mit der Unterlage in Kontakt sein. Oder einfacher ausgedrückt: Legen Sie das i-Pendel mit einer kurzen Dreieckseite auf den Tisch und schalten Sie die Betriebsspannung ein. Das i-Pendel bleibt fünf Sekunden in der Ruhelage, dann versucht es, sich aufzurichten: Das Schwungrad läuft an, steigert seine Drehgeschwindigkeit und bremst dann abrupt. Dadurch wirkt ein mechanischer Impuls auf das i-Pendel ein, der es auf seinen Gleichgewichtspunkt stellt. Anschließend hält es sich selbst im Gleichgewicht. Sie können das i-Pendel auch von Hand auf den Gleichgewichtspunkt stellen. Solange der Winkel zwischen der Unterlage und der kurzen Dreieckseite ausreichend groß ist, entwickelt der Motor ein genügend hohes Drehmoment, um das Gleichgewicht zu halten. Wenn Sie das i-Pendel aus dem Gleichgewicht bringen, wird es versuchen, das Gleichgewicht wieder herzustellen. Gelingt ihm dies nicht, fällt es auf eine der kurzen Seiten. Nach fünf Sekunden folgt ein neuer Versuch, sich selbst wieder aufzurichten.

Diagnose-Programm

Das Programm *iPendulum Control Station*, das wir ebenfalls auf die Projektseite [3] eingestellt haben, wurde in C# für Windows geschrieben. Über eine serielle Datenverbindung können beim i-Pendel diverse Zusammenhänge und Fakten erkundet werden. Vorwiegend dient das Programm der Diagnostik, der Autor hat es jedoch auch während der Entwicklung eingesetzt, um das Verhalten des i-Pendels in Echtzeit zu analysieren.

Starten Sie das Programm und gehen Sie zum Menü **Tools** → **Connect**. Geben Sie, wie **Bild 5** zeigt, den COM-Port ein, an dem Sie das i-Pendel angeschlossen haben. Wenn die Verbindung hergestellt ist, erscheint die Meldung *Connect to Pendulum*. Im Hauptfenster, erkennbar an der Farbe Blau, ist das stilisierte i-Pendel und der Winkel zu sehen, den es zur Unterlage einnimmt (**Bild 6**). Links unten im Fenster sind drei Tabs vorhanden. Nach dem Programmstart ist immer der Tab *iPendulum Data* aktiv, in dem die i-Pendel-Informationen in Echtzeit betrachtet werden können.

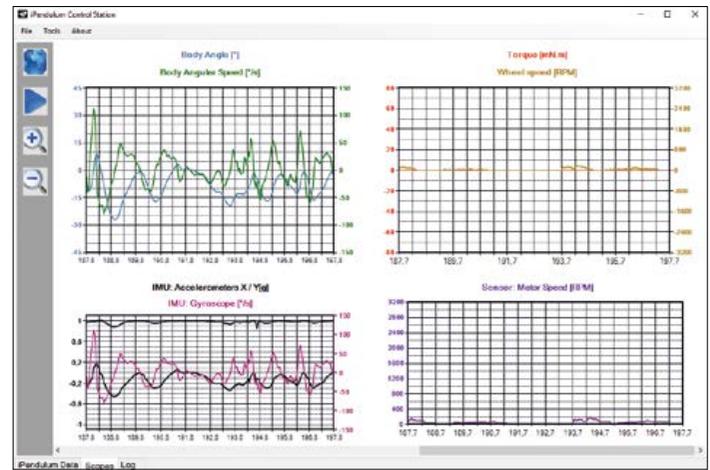


Bild 7. Die Grafiken stellen die Abläufe und ihre Messdaten ebenfalls in Echtzeit dar.

Programm-Aktionen

Wenn Sie das i-Pendel von Hand bewegen, können Sie die Reaktionen auf dem Bildschirm beobachten. Im linken Teil des Fensters sehen Sie einen Baum, über den Sie die zu betrachtenden Informationen wählen.

- **Operating System**: Informationen zum RTOS (Version, Speicher, Tasks, CPU-Last),
- **System**: Allgemeine Informationen zur Firmware,
- **Battery**: Akku-Spannung und Ladezustand in %,
- **Sensors**: Daten, die unmittelbar von den Sensoren kommen,
- **Motor**: Drehmoment, das der Motor aktuell entwickelt,
- **State**: Balance-Status, abgeschätzt mit dem Kalman-Filter.

Der Tab **Scopes** stellt die Telemetrie-Daten dar, die das i-Pendel übertragen hat. Dort sind vier miteinander synchronisierte Grafiken zu sehen, die Zeitachse hat in jeder Grafik einen übereinstimmenden Maßstab (**Bild 7**).

1. Links oben der geschätzte Balance-Status,
2. rechts oben das Drehmoment und die Drehzahl des Motors,
3. links unten die Daten des Beschleunigungssensors und des Gyroskops,
4. rechts unten die Geschwindigkeit gemessen vom Motorcontroller, unabhängig von der Motordrehrichtung.

Die Grafiken werden dynamisch aktualisiert, sobald Telemetrie-Daten empfangen werden. Mit dem Mausrad oder den Schaltflächen am linken Fensterrand lassen sich die Grafiken zoomen. Auch das Scrollen mit dem horizontalen Scrollbalken oder durch Verschieben mit der Maus ist möglich.

Im Tab **Log** können die Daten geloggt werden. Sämtliche Daten, die das Programm vom i-Pendel empfängt, werden registriert. Geben Sie einen Namen für die Logging-Datei ein und klicken Sie auf **Start Logging**.

Akkuspannung kalibrieren

Der Ladezustand des Akkus ist eine für den Betrieb des i-Pendels wichtige Größe. Wenn die Akkuspannung unter einen Mindestwert sinkt, kann der Akku beschädigt werden. Der Grenz-

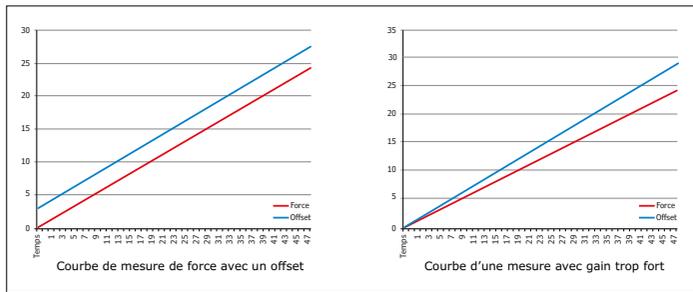


Bild 8. Die kalibrierten Geraden erscheinen in Rot, die nicht kalibrierten Geraden in Blau.

wert liegt bei Lithium-Polymer-Akkus bei 3,7 V pro Zelle, bei einem Akku mit zwei Zellen folglich bei 7,4 V. Im Menü **Tools** → **Calibration** → **Battery** kann die vom i-Pendel gemessene Spannung korrigiert werden. Dort sind der nicht korrigierte und der korrigierte Wert zu sehen. Die mit einem Multimeter am Akku gemessene Spannung wird in das Feld des korrigierten Werts eingetragen.

Sensoren kalibrieren

Das Gyroskop und der Beschleunigungssensor dienen dem i-Pendel dazu, fortlaufend die Drehgeschwindigkeit und den Raumwinkel zur Unterlage abzuschätzen. Die Sensoren sind ebenso wie andere Messsysteme mit Fehlern behaftet. Beim Einsatz im i-Pendel müssen nur der Offset und die Skalierung korrigiert werden (**Bild 8**), die sonstigen Fehler sind hier unkritisch.

Der Offset ist eine Systemkonstante, die sich auf alle Messungen gleichartig auswirkt. Um den Offset zu eliminieren, muss der Sensor so positioniert werden, dass das Ausgangssignal gleich 0 sein müsste. Der dann am Sensor-Ausgang gemessene Wert ist der Offset.

Der Offset des Gyroskops lässt sich unkompliziert ermitteln: Das i-Pendel wird in seine Ruheposition gebracht, der Offset wird abgelesen. Die Korrektur ist wichtig, denn dieser Offset hat weitreichende Folgen. Das Gyroskop misst die Rotationsgeschwindigkeit, es soll jedoch die Position bestimmt werden. Die Position ist das Integral der Rotationsgeschwindigkeit. Das Integral einer Konstante, also des Offsets, ergibt einen Positionsfehler, der bis Unendlich wächst. Hinzu kommt noch das Driften des Offsets mit der Temperatur und mit der Zeit.

Beim Beschleunigungssensor sind die Zusammenhänge etwas komplizierter. Hier muss der Offset eigentlich bestimmt werden, indem der Sensor exakt senkrecht zur Horizontalen ausgerichtet wird, doch das ist nicht ganz einfach. Die Lösung dieses Problems besteht darin, den Mittelwert aus Beschleunigungswerten zu bilden, die zu zwei asymmetrischen Positionen gehören. In den Positionen müssen sich die Abweichungen bezogen auf die Horizontale gegenseitig kompensieren. Der Offset des Beschleunigungsmessers hat auf das Gyroskop nur wenig Einfluss. Das Signal ist unmittelbar ein Maß für die Stellung des i-Pendels, eine mathematische Operation wie das Integrieren ist hier nicht nötig.

Der Skalierungsfehler wirkt sich auf die Verstärkung des Systems aus. Der gemessene Wert hat eine Verstärkung ungleich 1, bezogen auf den tatsächlichen Wert. Beim i-Pendel wird dieser Fehler nicht korrigiert. Um den Verstärkungsfehler zu messen, müsste sich das i-Pendel mit einer exakt bekannten Geschwindigkeit drehen. Es fehlt jedoch ein Messsystem, das dies leisten könnte. Beim Beschleunigungsmesser liegen die Randbedingungen anders. Hier ist der benötigte Referenzwert, nämlich die Schwerkraft, immer bekannt. Abhängig von der Lage des i-Pendels, entweder flach auf der Unterlage oder auf einer kurzen Seite, gibt der Sensor entweder die Beschleunigung 0 oder die Gravitationskonstante g an.

Die Zusammenhänge sind komplex, doch in der Firmware ist eine Kalibrier-Prozedur implementiert, die Sie durch die Klippen lotst. Gehen Sie zum Menü **Tools** → **Calibration** → **IMU** und bringen Sie das i-Pendel in eine genau definierte Position, wenn Sie dazu aufgefordert werden. Folgen Sie einfach den Anweisungen auf dem Bildschirm.

Die Zusammenhänge sind komplex, doch in der Firmware ist eine Kalibrier-Prozedur implementiert, die Sie durch die Klippen lotst. Gehen Sie zum Menü **Tools** → **Calibration** → **IMU** und bringen Sie das i-Pendel in eine genau definierte Position, wenn Sie dazu aufgefordert werden. Folgen Sie einfach den Anweisungen auf dem Bildschirm.

Zum Schluss

Damit sind wir am Ende dieses Beitrags angekommen. Wir hoffen, dass wir Ihre Entdeckerfreude geweckt haben und einen Zipfel des Schleiers lüften konnten, der die moderne Regelungstechnik umhüllt. Welchen Nutzen hat dieses Projekt? Das hängt von dem Aspekt ab, unter dem Sie es betrachten. Wenn es Ihnen Freude bereitet, mit innovativen Technologien in Tuchfühlung zu bleiben, hat das Projekt sein Ziel erreicht. Die Regelungstechnik ist ein Teilgebiet der Automatisierung, sie begleitet unser Leben auf Schritt und Tritt. Die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten wendet auch die Natur an, sie ist in mancherlei Hinsicht ein Vorbild. Regelungsmechanismen wie im i-Pendel sind heute integraler Bestandteil von Fahrzeugen, Kommunikationssystemen, Fluggeräten, Raketen und vielem mehr. Ebenso sind sie in der Welt der biologischen Lebewesen verankert, beispielsweise bei den Interaktionen der Eiweiße in den Zellen, beim Aufrechterhalten der Körpertemperatur und beim Regeln des Blutdrucks.

Noch ein letzter Hinweis: Sämtliche Software, die wir hier beschrieben haben, ist Open-Source. Sie können sie nicht kommerziell nutzen, analysieren, modifizieren und ausbauen. ◀

(150695)gd

Weblinks

- [1] www.genid.eu/dp/?q=Products\NanoScale\WhatIsNanoScale
- [2] www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/design_tip/DM00052458.pdf
- [3] Platine, Firmware, 3D-Drucker-Dateien (Rahmen und Nabe des Schwungrades) und Diagnose-Programm: www.elektormagazine.de/150695
- [4] 3D-Print-Service, den der Autor nutzte: www.sculpteo.com
- [5] Misumi: www.misumi-europe.com

Schwingquarze

Unscheinbar, doch unentbehrlich

Schwingquarze gehören zu den passiven Bauelementen der Elektronik. Mit Widerständen und Kondensatoren haben sie gemeinsam, dass nur zwei Anschlüsse existieren. Trotzdem stecken einige Eigenschaften in ihnen, die der näheren Betrachtung wert sind. Welche Funktion haben die zugehörigen, nach Masse geschalteten Kondensatoren, und was unterscheidet einen Parallelresonanz-Quarz von einem Serienresonanz-Quarz? Die Antworten finden Sie hier.

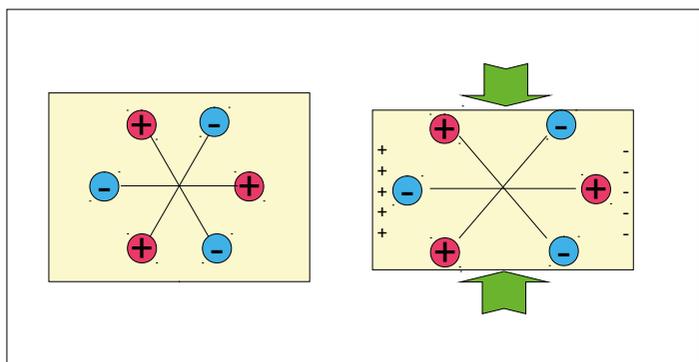


Bild 1. Die elektrische Struktur des Quarzkristalls ist asymmetrisch. Wenn auf zwei Seiten Druck ausgeübt wird, befinden sich statistisch betrachtet die positiven Ladungen überwiegend auf der linken Seite, die negativen Ladungen sind rechts konzentriert. Die Folge ist eine elektrische Spannung.

Von **Robert Lacoste** (F)

Piezoelektrischer Effekt

Der so genannte piezoelektrische Effekt kann als Brücke zwischen der Mechanik fester Körper und der Elektrizität betrachtet werden. Einige kristalline Stoffe wie der natürliche Bergkristall (Siliziumdioxid, SiO_2) haben die Eigenschaft, dass an ihnen elektrische Spannungen auftreten, wenn auf gegenüber liegende Bereiche der Oberfläche mechanische Kräfte einwirken. Der Effekt ist umkehrbar: Werden an die Oberfläche elektrische Spannungen gelegt, verformt sich der Kristall. Entdeckt wurde dieser Effekt im Jahr 1880 von den Brüdern Pierre und Jacques Curie. Die grundlegenden Zusammenhänge sind schematisch in **Bild 1** dargestellt. Aus der Skizze geht hervor, dass der Kristall eine asymmetrische Struktur aufweist. Das Kristallgitter besteht aus Atomen unterschiedlicher Ladung, wobei die Richtung von der äußeren Form des Kristalls abhängt. Wenn mechanische Kräfte den Kristall zusammenpressen, verformt sich das Kristallgitter. Statistisch betrachtet befinden sich die meisten positiven Ladungen auf der linken Seite, während die negativen Ladungen überwiegend auf der rechten Seite konzentriert sind. Dies hat zur Folge, dass zwischen den Seiten eine elektrische Potenzialdifferenz auftritt.

Die Verformung beim Anlegen einer Spannung bewegt sich im mikroskopischen Bereich. Wenn die Spannung einige Volt beträgt, liegt die Verformung bei einem Tausendstel Millimeter (0,001 mm), mit bloßem Auge ist sie nicht erkennbar. Ungeachtet der mikroskopischen Dimensionen wird der piezoelektrische Effekt von zahlreichen technischen Anwendungen genutzt. Die Schallerzeugung mit Piezo-Summern, das Bewegen von Objekten im mikroskopischen Bereich, unter anderem beim Tunneleffekt-Mikroskop, und das Erzeugen von Hochspannungsimpulsen beim Piezo-Gasanzünder sind nur einige von vielen Beispielen.

Vom Quarz zum Quarzoszillator

Ein Stück Quarz, an dem zwei metallische Elektroden angebracht sind, ändert beim Anlegen einer Spannung seine Form. Wenn an die Elektroden eine Wechsellspannung angelegt wird, beginnt der Quarz zu schwingen. Wie bei jedem Körper existiert auch hier eine Frequenz, bei der mechanische Resonanz auftritt. In diesem Fall sind Spannung und Strom an den Elektroden miteinander in Phase, so dass sich der Quarz wie ein elektrischer

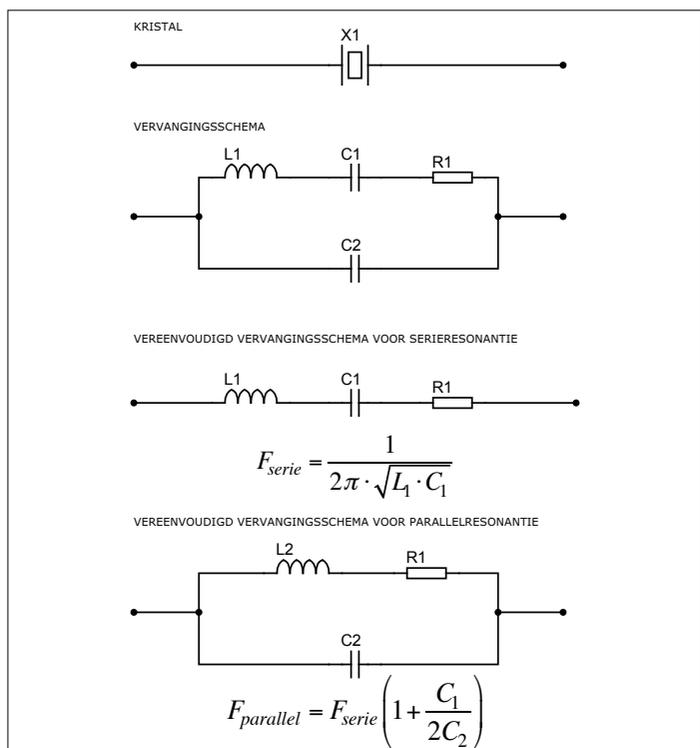


Bild 2. Die Ersatzschaltung eines Quarzes besteht aus der Reihenschaltung R_1 , L_1 und C_1 , parallel dazu liegt C_2 . Die Serienresonanz wird von L_1 und C_1 bestimmt, bei Parallelresonanz kommt C_2 hinzu.

Widerstand verhält. Wenn der Quarz in die Schaltung eines Oszillators eingefügt wird, kann er dort als Frequenz bestimmendes Glied dienen.

Ein Quarz ist ein Resonator, dessen elektrische Ersatzschaltung aus den drei in Reihe liegenden Elementen R1, L1 und C1 besteht (siehe **Bild 2**). Dazu parallel geschaltet ist die parasitäre Kapazität C2, die unter anderem durch die Anschlussleitungen verursacht wird. Theoretisch ist ein Quarz gegen seine Ersatzschaltung austauschbar, doch dem stehen reale Hindernisse entgegen. Die Werte von L1 und C1 sind kaum praktikabel, denn sie haben keine handelsüblichen Größen. Der Wert von L1 liegt im Bereich mehrerer Henry (H), während sich der Wert von C1 in der Größenordnung weniger Femtofarad (fF) bewegt. Ein Femtofarad ist ein Tausendstel Picofarad! Dagegen beträgt der Wert von R1 einige Hundert Ohm, so dass der Quarz eine hohe Güte aufweist. Der Resonanzbereich ist ziemlich schmal, eine ideale Voraussetzung für den Einsatz als Frequenz bestimmendes Glied in einem Oszillator.

Die Hersteller von Quarzen optimieren die Eigenschaften, indem sie bestimmte mechanische Schnittformen (beispielsweise X, Y, CT oder AT) und Schnittwinkel anwenden. Dadurch lassen sich die elektrischen Eigenschaften in bestimmten Grenzen variieren.

Parallel- und Serienresonanz

Wenn die Frequenz der angelegten Wechselspannung sehr hoch oder sehr niedrig ist, verhält sich die Schaltung mit R1, L1 und C1 wie eine offene Reihenschaltung. Die Ersatzschaltung des Quarzes besteht dann nur aus C2. Bei einer bestimmten Frequenz, die irgendwo dazwischen liegt und sich mit der Gleichung in **Bild 2** berechnen lässt, tritt Resonanz auf: L1 und C1 kompensieren sich gegenseitig, und das Verhalten des Quarzes wird ausschließlich durch Widerstand R1 bestimmt. Bei dieser Frequenz erreicht die Impedanz ihr Minimum, die Frequenz wird deshalb Serienresonanzfrequenz genannt. Der Kondensator C2, der die parasitären Kapazitäten darstellt, hat auf diese Frequenz keinen Einfluss. Wenn die Frequenz um wenige Prozent ansteigt, nimmt die Reihenschaltung R1, L1, C1 die Eigenschaften einer Induktivi-

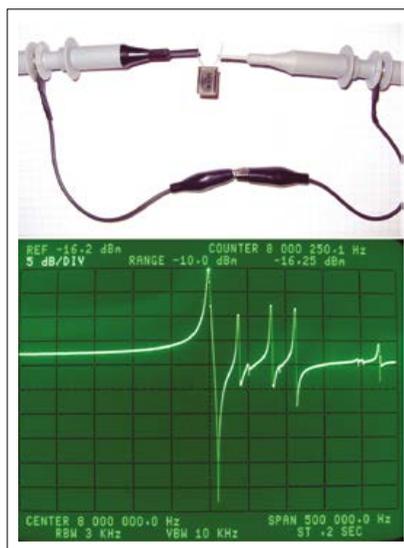


Bild 3. Messung an einem Quarz mit einem Zeit-Frequenz-Analyser. Die erste Spitze bei 8 MHz ist der Punkt niedrigster Impedanz, gefolgt vom Punkt höchster Impedanz bei einer etwas höheren Frequenz. Die übrigen Spitzen sind parasitäre Erscheinungen.

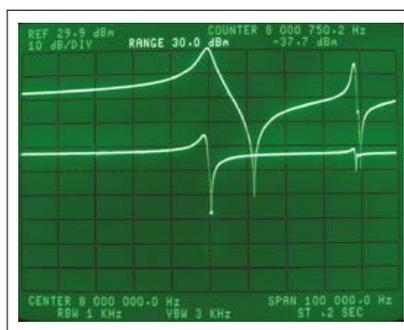


Bild 4. Bei der oberen Kurve beträgt die Frequenzdifferenz zwischen Serien- und Parallelresonanz 12 kHz. Nach Hinzufügen eines externen 20-pF-Kondensators hat sich die Frequenz der Parallelresonanz an die Frequenz der Serienresonanz angenähert (untere Kurve).

tät an. Diese Induktivität liegt parallel zu C2, beide bilden gemeinsam einen Parallelschwingkreis. Bei dieser Resonanzfrequenz erreicht die Impedanz des Quarzes ihr Maximum. Da die Parallelresonanzfrequenz von den parasitären Kapazitäten mitbestimmt wird, haben auch externe, an den Quarzanschlüssen angeschaltete Kondensatoren einen Einfluss auf diese Frequenz.

Aus der Gleichung in Bild 2 ist herleitbar, dass sich die Parallelresonanzfrequenz der Serienresonanzfrequenz nähert, wenn die Kapazität von C2 steigt. Beim Anschalten von Kondensatoren an einen Quarz sinkt folglich die Parallelresonanzfrequenz.

Um die beschriebenen Zusammenhänge zu demonstrieren, haben wir einen 8-MHz-Quarz mit den Eingängen eines Spektrumanalysers HP 3585 verbunden. Dieses Gerät, das mit einem Tracking-Generator ausgestattet ist, legt an das Testobjekt ein Signal steigender Frequenz. Die Amplitude des durchgelassenen Signals wird auf dem Display als Funktion der Frequenz dargestellt. In **Bild 3** ist die erste Spitze sehr deutlich erkennbar, hier hat die Impedanz ihr Minimum (die Spitze ragt über den oberen Rand des Displays hinaus). Die Frequenz beträgt hier 8,000250 MHz. Im Abstand von rund 12 kHz folgt eine weitere Spitze, bei der die Impedanz ihr Maximum erreicht. Nachdem ein Kondensator mit der Kapazität 20 pF zum Quarz parallel geschaltet wurde, beträgt der Abstand nur noch 500 Hz (**Bild 4**), während die Serienresonanzfrequenz unverändert bleibt.

An dem Beispiel ist deutlich geworden, dass prinzipiell kein Unterschied zwischen einem „Serienresonanz-Quarz“ und einem „Parallelresonanz-Quarz“ besteht. Jeder Quarz ist für beide Verwendungsarten geeignet, es kommt auf den Typ des Oszillators an. Manche Oszillator-Typen schwingen auf der Serienresonanzfrequenz, während andere Typen auf die Parallelresonanzfrequenz einrasten. Die Frequenzen sind nicht identisch, auch wenn die Differenz gering sein mag. Bei einem Quarz, beispielsweise mit dem Aufdruck „8,0000 MHz“, der als Serienresonanz-Quarz angeboten wird, stimmt diese Frequenz präzise nur im Serienresonanz-Betrieb. Wird ein Quarz als Parallelresonanz-Quarz angeboten, gilt die

▶ Nur zwei Anschlüsse,
doch viele komplexe Eigenschaften!

Frequenz für diese Betriebsart. Da hier die parasitären Kapazitäten einen Einfluss haben und diese Kapazitäten niemals Null sind, stimmen die Hersteller solche Quarze auf eine etwas höhere Frequenz ab. Die resultierende Frequenz wird mit einem angeschalteten Trimmkondensator von etwa 10...20 pF eingestellt, so dass auch die unvermeidlichen parasitären Kapazitäten kompensiert werden können.

Damit ist sicher auch deutlich geworden, weshalb ein Quarz in der Schaltung meistens von einem oder zwei kleinen Kondensatoren flankiert wird.

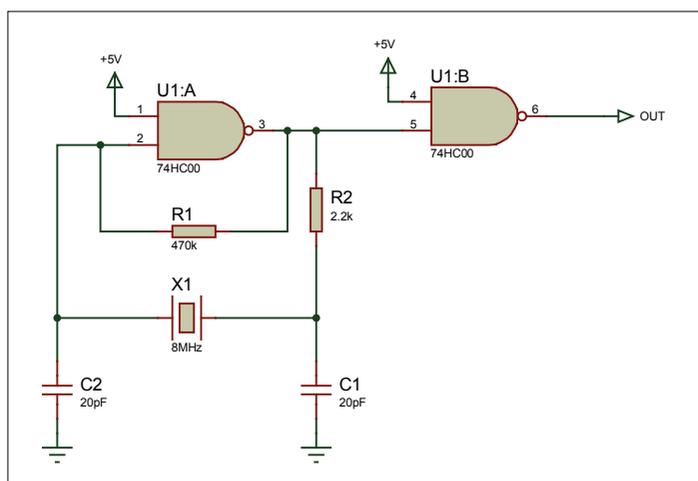


Bild 5. Schaltung eines Pierce-Oszillators, hier aufgebaut mit zwei logischen CMOS-Gattern.



Bild 6. Das Oszilloskop zeigt, dass die Spannungen an den Quarz-Anschlüssen in Gegenphase sind (untere Kurven), die obere Kurve stellt die Oszillator-Ausgangsspannung dar.

Der Pierce-Oszillator

Eine klassische Oszillatorschaltung ist der Pierce-Oszillator, er geht auf den amerikanischen Physiker George W. Pierce zurück. In **Bild 5** ist die Schaltung eines Pierce-Oszillators dargestellt, der mit zwei logischen CMOS-Gattern aufgebaut ist. CMOS-Gatter sind für den Parallelresonanzbetrieb prädestiniert, da sie mit hohen Impedanzen arbeiten. In der Schaltung bilden C1 und C2 den parallelen Kondensator, der für diesen Betrieb notwendig ist. Wegen der gemeinsamen Verbindung mit Masse liegen die Kondensatoren schaltungstechnisch in Reihe. Die Reihenschaltung der beiden Kondensatoren trägt zur Stabilität des Oszillators bei. Die resultierende Kapazität ist bei identischen Werten gleich der Hälfte der Kapazität eines einzelnen Kondensators, in diesem Fall beträgt sie $20 \text{ pF} / 2 = 10 \text{ pF}$. Ein Quarz, der in Parallelresonanz betrieben wird, weist bei dieser Frequenz seine höchste Impedanz auf, seine Phasenverschiebung liegt bei annähernd 90° . Damit ein Oszillator schwingt, muss die Phasenverschiebung 360° betragen. Ein CMOS-Gatter ist ein Inverter, seine Phasenverschiebung beträgt unter Berücksichtigung der Signalverzögerung etwas mehr als 180° . Die an den erforderlichen 360° fehlende Phasenverschiebung wird mit Widerstand R2 realisiert, indem er zusammen mit der Kapazität des Quarzes eine geringe Verzögerung bewirkt. Der passende Wert für R2 ist gleich der Impedanz des Kondensators C2 bei der Arbeitsfrequenz. Diese Impedanz lässt sich mit $R = 1 / (2 \cdot f \cdot C)$ berechnen, sie beträgt im vorliegenden Fall ungefähr $2 \text{ k}\Omega$. Widerstand R1 verschiebt das logische Gatter in einen Arbeitspunkt, bei dem es sich näherungsweise wie ein analoger Verstärker verhält. Der Wert von R1 ist unkritisch, er kann im Bereich $100 \text{ k}\Omega \dots 1 \text{ M}\Omega$ liegen.

Wir haben diesen Oszillator auf einem Steckbrett aufgebaut und die generierten Signale mit einem Oszilloskop gemessen, das Ergebnis ist in **Bild 6** wiedergegeben. Wie erwartet sind die Signale am Eingang und Ausgang des Quarz infolge R1 um 180° phasenverschoben. Bei genauer Messung lag die Frequenz nicht bei $8,0000000 \text{ MHz}$, sondern bei $8,0021348 \text{ MHz}$, was von den langen Verbindungen auf dem Steckbrett herrühren dürfte. Die an den Quarz-Anschlüssen liegenden parasitären Leitungsinduktivitäten bewirken eine geringe Frequenzverschiebung nach oben. Durch Anpassen der Werte von C1 und C2 lässt sich diese Erscheinung weitgehend kompensieren.

Startvorgänge

Quarzoszillatoren scheinen unkompliziert zu sein, doch der Schein trügt. Unmittelbar nach dem Einschalten der Betriebsspannung vergeht relativ viel Zeit, bis der Oszillator stabil arbeitet. Das liegt hauptsächlich daran, dass der Quarz ein mechanischer Resonator ist, er muss vor dem stabilen Zustand einen komplexen Anlaufprozess durchlaufen. Mit einem Oszilloskop, angeschlossen am Ausgang unseres Quarzoszillators, lässt sich deutlich zeigen, dass die Hüllkurve des Ausgangssignals einige Zeit braucht, bis sie ihr stabiles Niveau erreicht hat. Bei unseren Experimenten betrug diese Zeit ungefähr $10 \mu\text{s}$. Die Ursachen liegen unter anderem in der Anstiegszeit der Betriebsspannung und in den Eigenschaften der Bauelemente, aus denen die Oszillatorschaltung besteht.

Auch nach Ablauf der ersten $10 \mu\text{s}$ passieren noch weitere überraschende Dinge. Um die Vorgänge zu ergründen, kam unser Zeit-Frequenz-Analyser zum Einsatz, ein Messgerät, das

vergleichsweise selten anzutreffen ist. Der *Frequency and Time Interval Analyzer* HP 5372A ist ein Frequenzmesser, der Hunderttausende Messungen in der Sekunde ausführen kann. Die Ergebnisse werden auf einem Display grafisch als Funktion der Zeit dargestellt. Mit diesem Gerät haben wir das Ausgangssignal unseres Pierce-Oszillators unmittelbar nach dem Einschalten der Betriebsspannung gemessen, **Bild 7** zeigt das Ergebnis. Oben im Display ist abzulesen, dass die Frequenz 8,0000 MHz beträgt, doch dies gilt nicht für die ersten 240 μs . Während dieser Zeitspanne verhält sich die Frequenz unregelmäßig, sie läuft hoch bis etwa 40 MHz!

Das beschriebene Phänomen hängt mit der Stabilisierung der mechanischen Quarzschwingungen zusammen, die relativ viel Zeit in Anspruch nimmt und jedem Quarz zu eigen ist. In den Datenblättern quartzgetakteter Mikrocontroller ist häufig vermerkt, dass der Kern verzögert gestartet wird, um diese Zeit zu überbrücken.

Frequenzstabilität

Nachdem ein Quarzoszillator korrekt gestartet ist, arbeitet er zwar ziemlich stabil, doch es gibt Faktoren, die die Stabilität beeinflussen. Mit der Umgebungstemperatur driftet die Frequenz zwar nur geringfügig, aber nicht vernachlässigbar. Das Maß der Frequenzverschiebung hängt vom Schnitt des Quarzes ab, es liegt in der Größenordnung von etwa 1 ppm (*part per million*). Eine Gegenmaßnahme besteht darin, die Temperatur zu messen und die Frequenz abhängig vom Ergebnis zu korrigieren. Damit wird der Quarzoszillator zum „TCXO“ (*Temperature Compensated Crystal Oscillator*), der Temperatureinfluss lässt sich mit dieser Methode ungefähr um den Faktor 100 mindern. Die Kompensation kann analog oder digital bewerkstelligt werden, analog wird meistens eine Varicap-Diode als Stellglied verwendet. Eine andere Methode ist der Einbau des Quarzes in ein beheiztes Gehäuse, das innen auf konstanter Temperatur gehalten wird. Diese Lösung, „OCXO“ genannt (*Oven Controlled Crystal Oscillator*), ist zwar aufwendiger und Energie zehrender als die erste, die erreichbare Temperaturstabilität liegt jedoch deutlich höher.

Die Temperaturabhängigkeit ist nicht das einzige Problem, Quarze sind auch empfänglich für mechanische Schwingungen: Wenn ein Quarzoszillator mit beispielsweise 100 Hz vibriert, sind ein 100-Hz-Signal und dessen Harmonische jedem vom Oszillator generierten Signalanteil überlagert.

Ein weiterer Klassiker unter den Problemen ist eine unzureichend stabilisierte und schlecht entkoppelte Betriebsspannung. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Da unser Zeit-Frequenz-Analyser bereits aufgebaut war, haben wir zur Betriebsspannung 5 V des Quarzoszillators eine Störspannung hinzugefügt. Die Frequenz der Störspannung betrug 1 Hz, die Amplitude lag bei 50 mV, und zwischen die Störspannungsquelle und die Betriebsspannung war ein Schutzwiderstand von wenigen Ohm geschaltet. Die resultierende Betriebsspannung pendelte nun zwischen 4,95 V und 5,05 V. Wie erwartet schwankte die Amplitude des Oszillatorsignals im 1-Hz-Rhythmus, doch überraschenderweise war auch die Frequenz von den Schwankungen betroffen! In **Bild 8** ist ersichtlich, dass die Frequenz im Bereich 8,002150...8,002140 MHz variiert, die periodische Abweichung beträgt bei der Störspannung 50 mV immerhin 10 Hz. Unser Beispiel lehrt, dass die Betriebsspannung von

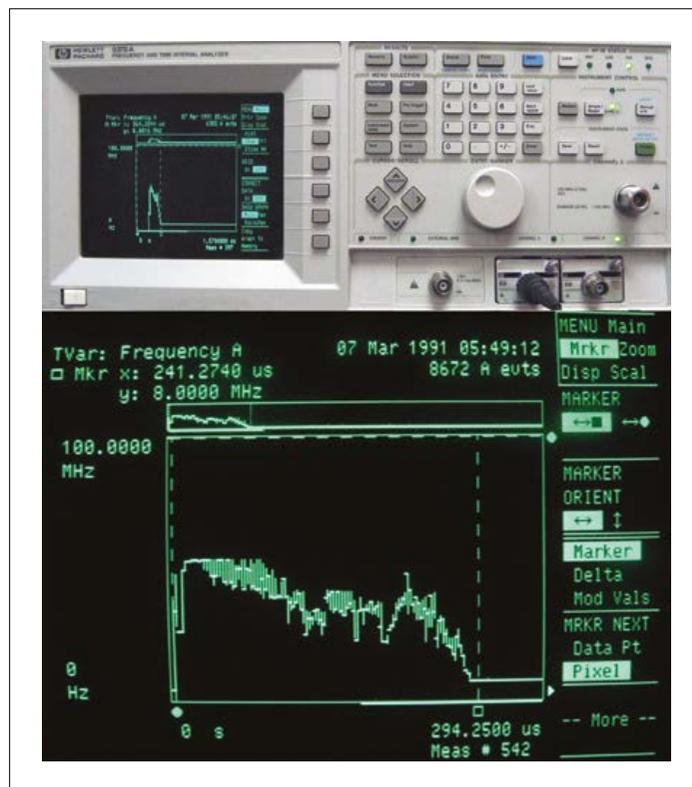


Bild 7. Der Zeit-Frequenz-Analyser, hier ein HP 5372A, macht den Frequenzverlauf abhängig von der Zeit sichtbar. Die Frequenz des Oszillator-Ausgangssignals läuft auf etwa 40 MHz hoch, um sich nach ungefähr 240 μs auf 8 MHz zu stabilisieren.

Oszillatoren besonderer Aufmerksamkeit bedarf, auch wenn diese quartz stabilisiert sind.

Harmonische Resonanzen

Quarze können auf ihrer Grundfrequenz oder auf Harmonischen ihrer Grundfrequenz (*Overtone*) schwingen. Manche

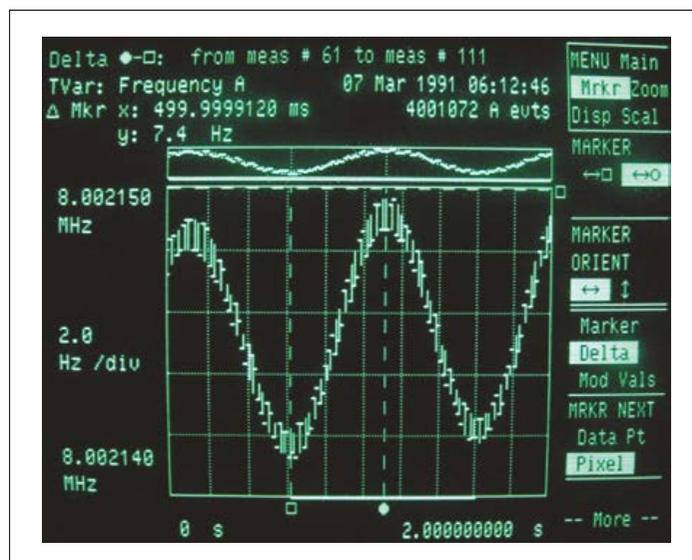


Bild 8. Diese Kurven zeigen, welche Folgen eine instabile Betriebsspannung hat: Die Frequenz des Oszillator-Ausgangssignals ist ebenfalls nicht stabil!

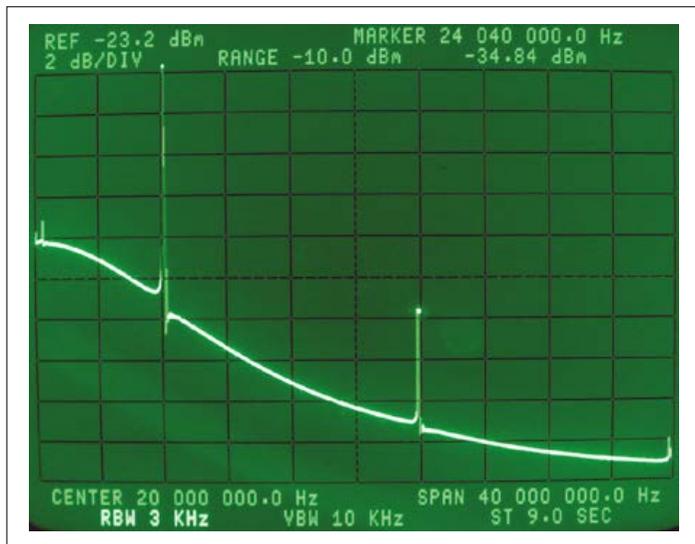


Bild 9. Quarze sind auch auf den Harmonischen ihrer Grundfrequenz in Resonanz. Die Spitze links befindet sich bei 8 MHz, die Spitze rechts liegt bei 24 MHz. Das Verhältnis der Frequenzen ist nicht exakt 1:3.

Quarz-Typen sind für solche Anwendungen optimiert, grundsätzlich schwingt jedoch jeder beliebige Quarz auf den Harmonischen seiner Grundfrequenz.

Wir greifen noch einmal auf unseren Zeit-Frequenz-Analyser zurück, um herauszufinden, was bei den hohen Frequenzen geschieht. In **Bild 9** sind nicht nur die Serien- und Parallelresonanzspitze bei 8 MHz erkennbar, sondern auch eine schwächere Resonanzspitze nahe 24 MHz. Dies ist die dritte Harmonische der Grundfrequenz. Das Verhältnis der Frequenzen ist jedoch nicht mathematisch exakt 1 zu 3, weil es sich hier um eine mechanische Resonanz höherer Ordnung handelt. Nur überschlüssig sind die Frequenzen von Harmonischen durch simple Multiplikation mit ganzzahligen Faktoren bestimmbar. Damit ein Oszillator auf einer Harmonischen schwingt, genügt theoretisch das Einfügen eines Bandpasses in Reihe mit dem Quarz. Dadurch wird die Resonanz auf der Harmonischen begünstigt, während gleichzeitig die Resonanz auf der Grundfrequenz abgeschwächt wird. Die Oszillatorschaltung in **Bild 10** arbeitet mit den hinzugefügten Bauelementen L1 und C1, sie bilden einen Bandpass bei ungefähr 25 MHz. Als tatsächliche Frequenz des Ausgangssignals haben wir bei diesem Oszillator 23,95966 MHz gemessen. Damit liegt die Frequenz zwar recht

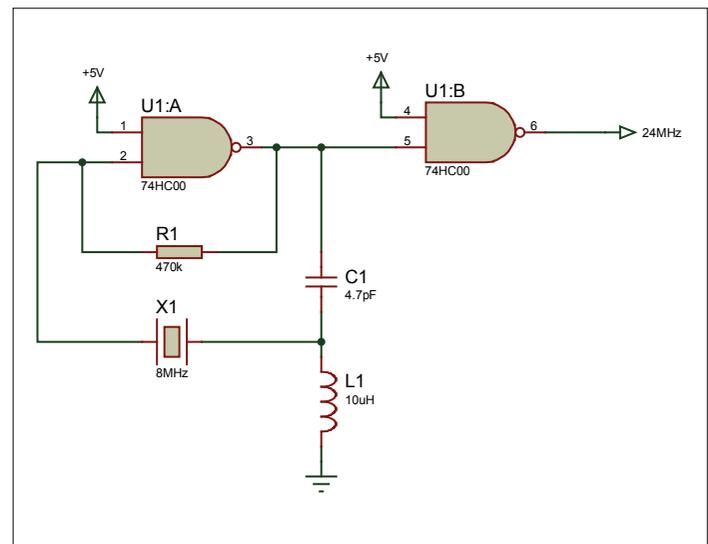


Bild 10. Nach Hinzufügen eines Bandpasses schwingt der 8-MHz-Oszillator auf seiner dritten Harmonischen bei 24 MHz.

nahe der dreifachen Grundfrequenz 24 MHz, die Abweichung ist jedoch nicht gleich Null. Wegen der parasitären Rändererscheinungen ist es nicht ganz einfach, einen Quarzoszillator aufzubauen, der exakt auf einem mathematischen Vielfachen der Grundfrequenz schwingt.

Schlussbetrachtung

Nach diesem Ausflug in die Welt der Schwingquarze dürften die Begriffe „Serienresonanz“ und „Parallelresonanz“ transparent geworden sein, und die Funktion der am Quarz angeschalteten Kondensatoren liegt nicht mehr im Dunkeln. Viel Lesestoff, der das Thema weiter vertieft, finden Sie reichlich im Web, die nachfolgend angegebenen Links sind nur als Starthilfe gedacht. Fragen und Anregungen können Sie (in französischer oder englischer Sprache) im abschließend genannten Forum einbringen. In späteren Beiträgen werden wir das großflächige Terrain der Oszillatoren weiter erkunden, Begriffe wie VCO, PLL oder DDS werden dann nicht mehr von Geheimnissen umwittert sein.

(150013)gd

Dieser Beitrag erschien auch in Circuit Cellar Nr. 215 vom Juni 2008.

Weblinks & Literatur

- Fundamentals of Quartz Oscillators, Application Note 200-2, Hewlett-Packard <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7662E.pdf>
- Use of the CMOS Unbuffered Inverter in Oscillator Circuits, Application Report SZZA043 - January 2004, Texas Instruments <http://focus.ti.com/lit/an/szza043/szza043.pdf>
- Piezoelectricity Encyclopedia Universalis

- HCMOS Crystal Oscillators, Fairchild Semiconductor Application Note 340, May 1983 www.fairchildsemi.com/application-notes/AN/AN-340.pdf
- Oscillators for Microcontrollers, AP-155 application note, Intel <http://ecee.colorado.edu/~mcclurel/iap155.pdf>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Quarzoszillator>
- www.doveonline.com/crystal-oscillator-reference
- Forum Hors-Circuits (französisch) auf <http://forum.elektor.com/viewforum.php?f=2698579>

Das sprechende Sonar

**Raspberry Pi
+ Ultraschall
+ Sprachsynthesizer**

Von Bera Somnath (Indien)

Dieses Experiment zeigt, was man mit handelsüblicher Embedded-Technologie wie einem Raspberry Pi so alles anstellen kann. Dieser „Roboter“ mit Ultraschall-Abstandsmessung grüßt artig, misst kontinuierlich Entfernungen zu Objekten und sagt die Werte in Worten laut an. Und er gibt Alarm, wenn der gemessene Abstand zu einem Objekt eine programmierbare Grenze unterschreitet.

Für Spiele ist Microsofts Windows der King, für Netzwerktechnik Linux oder Unix, aber für eine kleine Automatisierung, bei der der Stromverbrauch einen wichtigen Faktor darstellt, ist ein Mikrocontroller die beste Option. Benötigt man vorwiegend eine Funktion als „Slave“, dann nimmt man einen bloßen Mikrocontroller wie den Arduino, soll jedoch der Mikrocomputer als „Master“ etwas überwachen, verwalten und zur gleichen Zeit Funktionen ausführen (und dies bei guter Geschwindigkeit), dann ist so etwas wie der Raspberry Pi die ideale Wahl.

Unser indischer Leser hat mit seinem Raspberry Pi, einem Ultraschall-Abstandsmesser-Modul und einer Sprachsynthesizer-Software einen intelligenten Blindenstock zusammengestellt, der den Abstand zu einem Objekt kontinuierlich ansagt und bei Unterschreitung einer kritischen Distanz warnt. Eine solche intelligente Bewegungshilfe (die auf Infrarot basiert) gibt es tatsächlich schon. Sie wurde kürzlich sogar mit einem Innovationspreis ausgezeichnet.

Wenn Sie für einen Blindenstock keine Verwendung haben, können Sie die Schaltung natürlich auch anderweitig einsetzen, beispielsweise als kommunikative Einparkhilfe oder als sprechenden Zollstock.

Ein wenig Hardware

Der Pi, es kann sich um ein Modell A oder B handeln, auf dem das Standard-Betriebssystem Raspbian Wheezy läuft, muss wie in **Bild 1** zu sehen mit nur wenig externer Elektronik ausgestattet werden. Es handelt sich um einen gewöhnlichen Ultraschall-Abstandssensor HC-SR04 mit vier Anschlüssen an K1, ein optionales, HD44780-kompatibles LC-Display mit 2×16 Zeichen, ein paar Widerstände, einen I2C-nach parallel-Wandler von Microchip (MC23008) und zwei Puffer-FETs, die jeweils ein Relais (Re1 und Re2) ansteuern. Deren Schaltkontakte sind auf die Schraubklemmen K2 und K3 herausgeführt. An diesen Klemmen können Piezo-Piepsler und/oder kleine Vibrationsalarm-Module als Alarmgeber angeschlossen werden. Der Ohrhörer (oder ein Lautsprecher mit Verstärker)

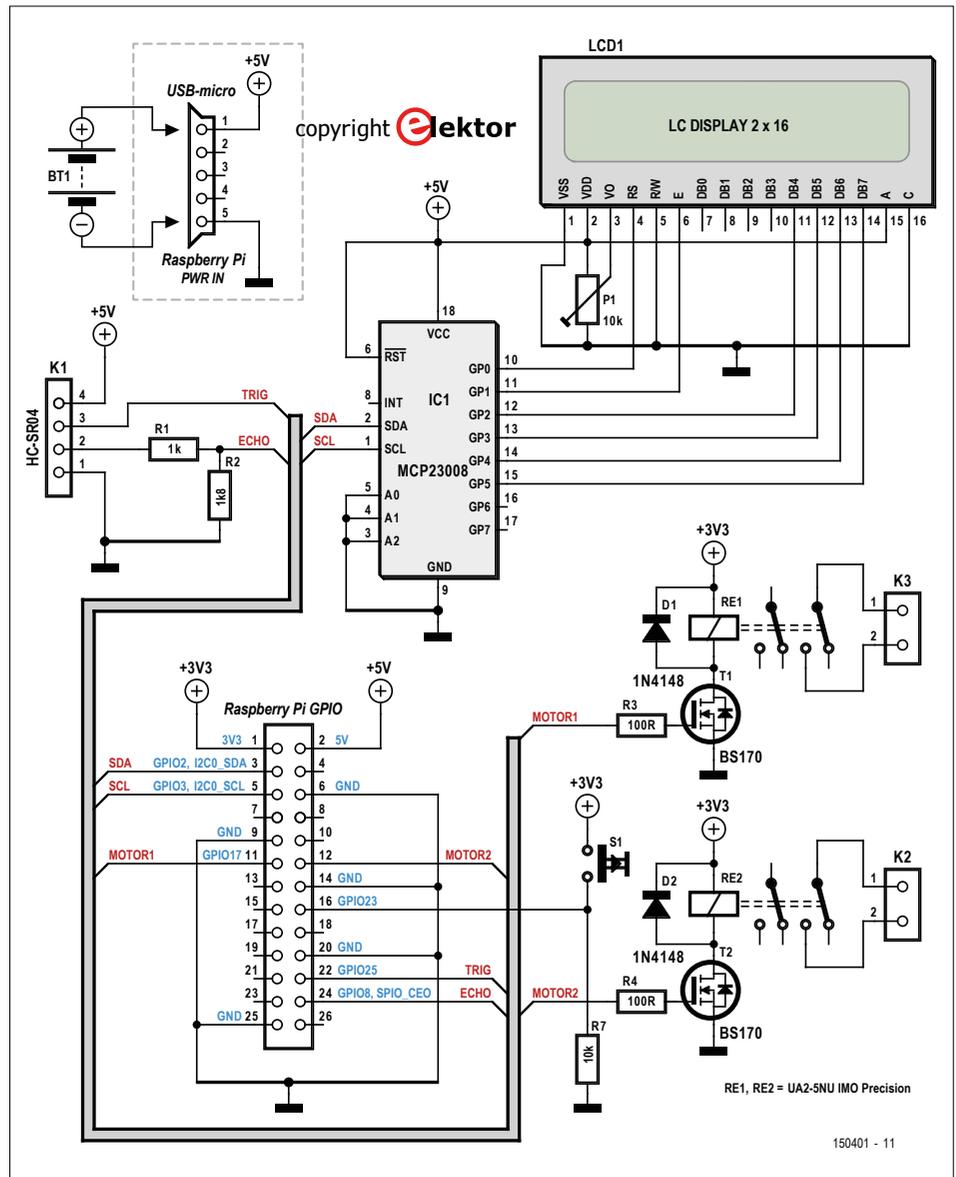


Bild 1. Der mächtige Raspberry Pi verfügt über so viele GPIO-Leitungen, dass nur wenige externe Komponenten für diese Anwendung benötigt werden. Das LCD ist optional und nur zur Einrichtung des Geräts erforderlich.

Eigenschaften

- Ultraschall-unterstützter Gehstock für Blinde und Sehbehinderte
- Summer/Vibrator-Warnausgänge für Objektabstand ≤ 1 m und > 2 m
- Ultraschall-Wandler mit 0,3 cm Auflösung
- Kontinuierlich Abstandsansage mit in der Software einstellbarer Distanzänderung (typ. 2...5 cm)
- basierend auf Raspberry Pi
- LCD-Anzeige (optional)
- Frei herunterladbarer RPi-Code

Stückliste

Widerstände:

R1 = 1 k
 R2 = 1k8
 R3,R4 = 100 Ω
 R7 = 10 k
 P1 = 10 k Trimpoti, liegend

Halbleiter:

IC1 = MCP23008-E/P, Microchip (Farnell 1439387)
 D1, D2 = 1N4148
 T1,T2 = BS170

Außerdem:

K1 = 4-polige Fassung, gewinkelt
 K2,K3 = 2-polige Platinenanschlussklemme, RM 5 mm
 S1 = Taster, 6x6 mm
 RE1,RE2 = Relais, DPDT, 5V, IMO Precision Controls Typ UA2-5NU, (Farnell 1094048)
 LCD1 = alphanumerisches LCD, 2x16 Zeichen (Elektor Shop 120061-74)
 Ultraschall-Abstandssensor (Elektor Shop 140194-91)
 Prototyping-Platine ELPB-NG (Elektor Shop)

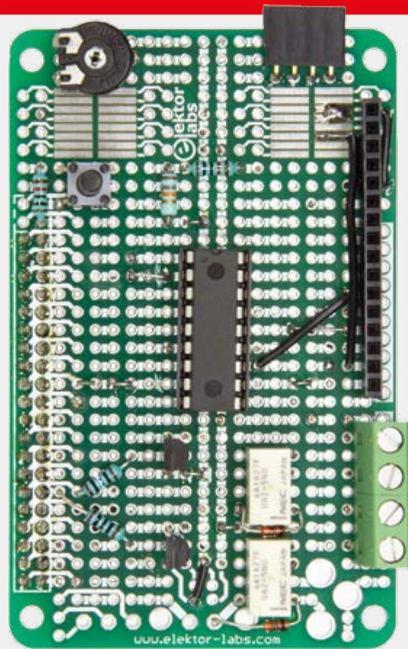


Bild 2. Das Projekt wurde auf einem ELPB-NG-Prototyping-Board von Elektor aufgebaut.

für die Sprachausgabe werden direkt am Audio-Ausgang des RPis angeschlossen. Das LCD-Panel ist nur für die Einrichtung des Geräts wichtig und deshalb im normalen Betrieb optional.

Der RPi wird über die USB-Micro-Buchse PWR IN mit +5-V versorgt. Diese Spannung (und eine reduzierte Spannung von 3,3 V) steht auch auf dem GPIO-Anschluss für die zusätzliche Elektronik zur Verfügung. Der Benutzer steuert die Schaltung lediglich durch ein Element, den Taster S1, der wie die FETs ebenfalls an der 3,3-V-Schiene angeschlossen ist. Für die Sonar-Funktion sendet der RPi 40-kHz-Impulse über die TRIG-Leitung (GPIO25) und „hört“ die Antwort auf der ECHO-Leitung (GPIO8/SPIO_CEO). Aus dem Intervall zwischen einem Senden- und dem von einem Objekt reflektierten Empfangsburst berechnet die Software den Abstand. Dabei wird die Schallgeschwindigkeit als Konstante angenommen. Für den Fall, dass eine andere Person mit einem ähnlichen Ultraschall-Sensor oder ein Auto mit einem Parksensoren in Reichweite kommt, können allerdings (gegenseitige) Störungen auftreten. Der Autor arbeitet an einer Lösung für dieses Problem. Der Ultraschall-Entfernungsmesser HC-SR04 verfügt in seinem 15-Grad-Öffnungswinkel über einen Erfassungsbereich von 2 cm bis 5 m mit einem Fehler von ungefähr 0,3 cm.

Software

Die Software für das Projekt ist als kostenloser Download auf der Projekt-Webseite von Elektor zu finden [1]. Öffnen Sie den RPI-Code und folgen Sie den folgenden Erläuterungen! Einen Ausschnitt aus dem Code, die Ultraschall-Echo-Routine, findet sich in **Listing 1**.

Die Sprachsynthese

Für das Projekt muss ein Sprachsynthesizer-Programm installiert werden. Die vielseitigste Software, die außerdem kostenlos ist, nennt sich „eSpeak“, es gibt aber auch etliche andere Lösungen wie Festival, Pico oder Cepstral [2]. Es gibt große Unterschiede, was die Verständlichkeit betrifft. Hören Sie sich einmal die Beispiele unter [3] an!

eSpeak verwendet ein anderes Syntheseverfahren als andere Open-Source-Text-to-Speech-Engines (TTS) und hat einen einzigartigen Sound mit einer ganz vernünftigen Qualität. Wenn er auch nicht so natürlich und „glatt“ klingt wie kommerzielle Lösungen, lässt sich die Artikulation von eSpeak über längere Zeit ertragen. So einfach wird eSpeak installiert:

```
$> sudo apt-get update
$> sudo apt-get upgrade
$> sudo apt-get install alsa-utils
```

Nun editieren Sie die /etc/modules-Datei

und nehmen zusätzlich zu den anderen folgende Zeile auf:

```
$> sudo nano /etc/modules
snd_bcm2835
```

Speichern Sie nano (Strg+o) und verlassen Sie das Programm (Strg+x).

```
$> sudo reboot
```

Mit dem letzten Befehl wird der Raspi neu gestartet. Um die Installation abzuschließen, fügen Sie noch die folgenden Software-Stückchen ein:

```
$> sudo apt-get install mplayer
$> sudo apt-get install espeak
$> sudo apt-get install espeak-gui
```

Um die eSpeak-Anleitung aufzurufen, geben Sie ein:

```
$> man espeak or $> espeak -h
```

Bevor man eSpeak testen kann, wird ein Verstärker an der Audio-Buchse des RPis angeschlossen, denn der normale Audio-Ausgang bietet nicht ausreichend Leistung, um mehr zu treiben als einen Ohrhörer. In dem eSpeak-GUI kann man unter diversen „tonalen“ und Lautstärke-Optionen der Sprachausgabe des Synthesizers wählen. Hier sind ein paar Beispiele:

```
$> espeak "Greetings, welcome to
Elektor" // male voice
$> espeak -ven+f3 "Hi, welcome to
Elektor" // female voice
$> espeak -ven+f3 -k9 -s150 -a200
"Fab, welcome to Elektor" //
high pitched, loud, female voice
```

Neben eSpeak eignet sich für eine deutschsprachige Anwendung Pico TTS hervorragend. Die Installation auf dem RPi beschreibt [4]. Eine andere notwendige Software für das Projekt ist RPI-GPIO. Welches die aktuelle Version ist, kann unter [5] überprüft werden. Laden Sie die aktuelle Version und installieren Sie sie!

repetitia non placent

Es wäre ein wenig langweilig, wenn der RPi immer wieder die gleichen Abstände verkünden müsste. Deshalb besitzt die Software ein Array, in dem die letzten 20 Abstandswerte gespeichert sind. Nur wenn der aktuelle Wert sich um mehr als

den unter „sv“ eingestellten Wert (hier 2 cm) vom vorherigen unterscheidet, verkündet der RPi den Abstand, ansonsten verhält er sich ruhig. Ändern Sie einfach den Wert von „sv“ am Anfang des Programms, um dieses Intervall ihren Wünschen anzupassen.

1-2-3 und: Test!

Drehen Sie die Lautstärke auf, wenn die Audio-Buchse mit einem Verstärker verbunden ist, ansonsten (mit Ohrhörer) lassen Sie das Python-Programm im su-Modus laufen, etwa so:

```
§> sudo python ultra3.py
```

Die erste Initialisierung dauert einige Zeit. Wenn Sie die Begrüßungsansage hören, tritt das Programm in eine Schleife, in der es die Entfernungsmessung beständig wiederholt. Die Pins 25 und 8 des GPIO-Verbinders sind mit zwei 3,3-V-Relais verbunden, um zwei Signale zur Objekterkennung zu erzeugen - eines bei >200 cm (sicher) und eines bei <100 cm (gefährlich).

Um das Programm auf Start zu setzen, fügt man folgende Zeile in der /etc/rc.local ein:

```
§> sudo nano /etc/rc.local
```

Gehen Sie an das Ende und fügen vor dem Exit folgende Zeile hinzu:

```
sudo python /home/pi/ultra4.py &
```

Der Programmcode für das sprechende Sonar hat viele interessante Aspekte. Sie können und sollen damit experimentieren, ihn erweitern und verbessern ... und, die Ergebnisse bitte auf www.elektormagazine.com/labs verkünden.

Bau

Der Aufbau der zusätzlichen Hardware stellt für den gewieften Elektor-Leser überhaupt kein Problem dar. Anstatt eine eigene Platine zu gestalten, bietet sich der Einsatz einer „ELPB-NG“ an. Das ist das vom Elektor-Labor kürzlich entwickelte „Elektor Labs Prototyping Board New Generation“, das im Elektor-Shop erhältlich ist. Die wenigen Bauteile sind in ein paar Minuten auf der Platine bestückt. Dann wird das bestückte Board auf den RPi gesteckt. **Bild 2** zeigt die Lage der in der **Stückliste** aufgeführten Bauteile auf der Experimentierplatine.

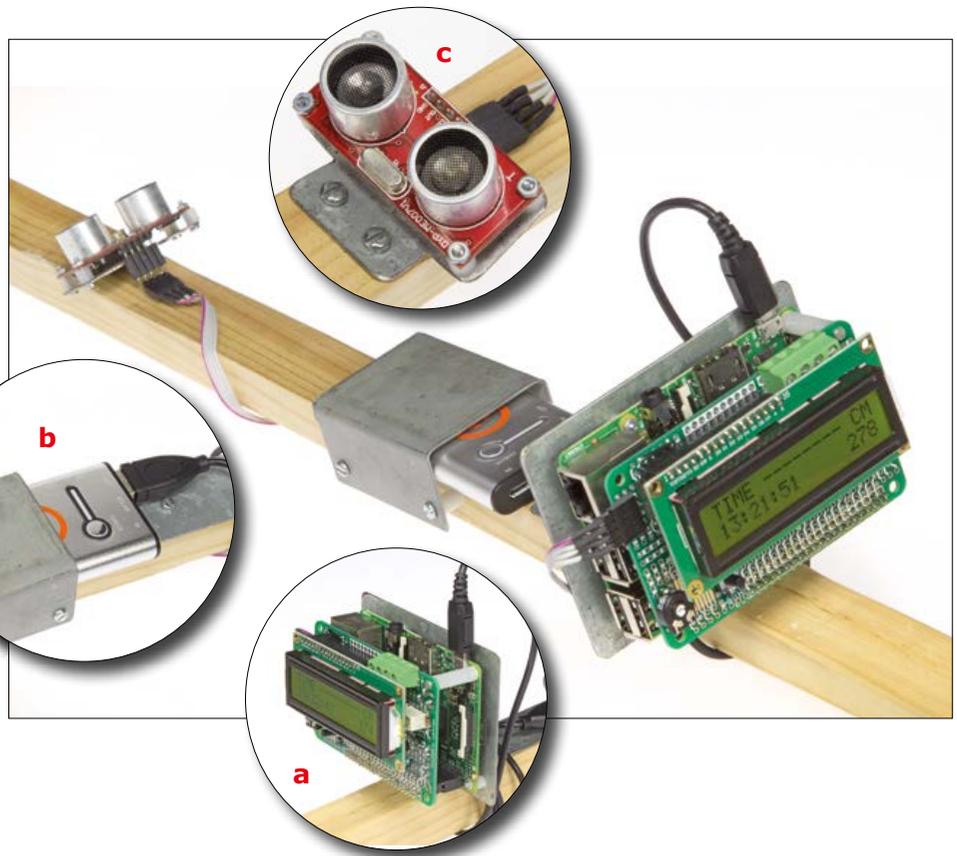


Bild 3. Das sprechende Sonar als experimenteller Aufbau an einem hölzernen Balken.

- a.** RPi mit gestapelter Erweiterungskarte und LCD bilden eine Einheit. Das Abstandsrollchen neben der USB-Buchse verleiht der Kombi zusätzliche Stabilität.
- b.** Ein Li-Ion Powerpack für Solarpanels steckt sicher in einer Metallhalterung.
- c.** Die Sonar-Wandlereinheit ist in einer Position montiert, die experimentell nach den Anforderungen des Benutzers bestimmt werden muss.

Wie man ein Skript automatisch startet

- Kopieren Sie den Ordner „rpi_distance_meter“ in das Verzeichnis `home/pi` auf dem Raspberry Pi. Dies kann mit einem USB-Stick oder einem Programm wie WinSCP vorgenommen werden.
- Öffnen Sie das Terminal-Fenster und geben Sie „`cd rpi_distance_meter`“ ein.
- Geben Sie „`sudo chmod 755 launcher.sh`“. Damit wird das Startskript in eine ausführbare Datei verwandelt.
- Wechseln Sie mit „`cd`“ zurück zum Home-Verzeichnis.
- Geben Sie „`mkdir logs`“ ein. Dadurch entsteht ein „logs“-Ordner.
- Geben Sie „`sudo crontab -e`“ ein. Dies öffnet das „crontab“-Fenster. Crontab ist ein Hintergrundprozess, der Skripts zu bestimmten Zeiten ausführt.
- In diesem Fenster geben Sie „`@reboot sh /home/pi/rpi_distance_meter/launcher.sh >/home/pi/logs/cronlog 2>&1`“. So wird das Skript beim Start ausgeführt.
- Starten Sie den RPi mit „`sudo reboot`“ und kontrollieren Sie, ob es funktioniert. Wenn nicht, überprüfen Sie die Log-Datei im Ordner „Logs“. Dort sollten die Fehler zu sehen sein.

Wenn der RPi bootet, startet das Skript automatisch mit einer Begrüßung. Dann beginnen Messung und Ansage der Objektdistanz. Nur wenn der aktuelle Messwert einen vorgegebenen Betrag vom vorherigen abweicht, wird die neue Distanz angesagt. Um das sprechende Sonar auszuschalten, drücken Sie auf die Taste. RPi teilt mit, dass das sprechende Sonar heruntergefahren wird.

Listing 1. Auszug aus dem RPi-Code für das sprechende Sonar. Den vollständigen Code gibt es im Download unter [1].

```
#print "Ultrasonic Measurement"
GPIO.setup(GPIO_TRIGGER,GPIO.OUT) # Trigger
GPIO.setup(GPIO_ECHO,GPIO.IN)     # Echo

while shutdown == 0:
    GPIO.output(GPIO_TRIGGER, False)
    time.sleep(0.1)
# Send 10us pulse to trigger
    GPIO.output(GPIO_TRIGGER, True)
    time.sleep(0.00001)

    GPIO.output(GPIO_TRIGGER, False)
    start = time.time()
    while GPIO.input(GPIO_ECHO)==0:
        start = time.time()
    while GPIO.input(GPIO_ECHO)==1:
        stop = time.time()
    elapsed = stop-start
#multiplied speed of sound (cm/s)
    distance = elapsed * 34300 / 2
    lcd.setCursor(0,0)
    lcd.message("TIME ----- CM")
    lcd.setCursor(0,1)
    buf = "%.0f" % distance
    if distance>99:
        lcd.message(datetime.now().strftime('%H:%M:%S ') + buf)
    if distance<=99:
        if distance>9:
            lcd.message(datetime.now().strftime('%H:%M:%S ') + buf)
        if distance<=9:
            lcd.message(datetime.now().strftime('%H:%M:%S ') + buf)

    print " Distance : %.1f cm" % distance

    if distance<=200 and distance>100:
        GPIO.output(motor1,1)
        GPIO.output(motor2,0)

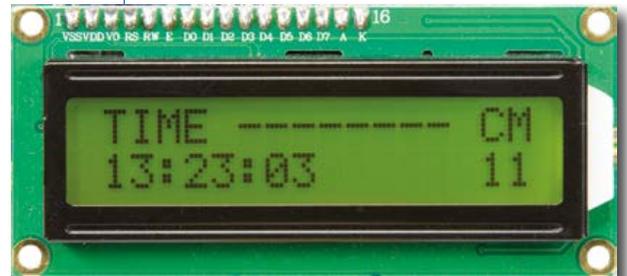
    elif distance<=100:
        GPIO.output(motor1,0)
        GPIO.output(motor2,1)

    else:
        GPIO.output(motor1, 0)
        GPIO.output(motor2, 0)

# if the difference between the previous distance and the current
# distance is greater than a set value
if abs(prevDistance-distance)>=sv:
    exitCode = subprocess.call(["espeak","-ven+f3","-a200",
        "-s120","%.0f" % distance])

prevDistance = distance
```

Ein früher Prototyp, der auf einer Holzleiste aufgenagelt wurde, ist in **Bild 3** zu sehen, wobei die einzelnen Elemente separat in 3a (RPI, Add-on-Board, LCD, kein Lautsprecher), 3b (das Batteriepaket) und 3c (Ultraschall-Entfernungsmesser) gezeigt werden.



Die beiden Vibratoren sollten so platziert werden, dass der Benutzer die Schwingungen der Vibratoren intuitiv mit den damit verbundenen Risikostufen verbindet: <1 m (hohes Risiko) und >2 m (relativ geringes Risiko). Der RPi mit dem ELPB-NG-Board sollte nicht weit unterhalb des Griffs befestigt werden, das Batteriepack (Blei-Säure, NiMH, Li-Ion) wiederum ein wenig niedriger. Die beste Stelle für die Sonar-Sonde ist etwas unterhalb der Mitte des Stocks, damit niedrige Objekte (Stolperfallen) sicher identifiziert werden. Die Länge des Stocks ist von entscheidender Bedeutung und sollte der Person individuell angepasst werden. Oft kann man die Lautstärke der Ansage der Echolot-Messwerte direkt am Kopfhörer einstellen, sollte das nicht möglich sein, kann man sie im Programm ultra3.py einstellen. In Indien ist der Volume-Wert -a200 (volle Lautstärke) optimal, unter hiesigen Bedingungen ist -a220 vielleicht etwas nervenschonender. ◀

(150401)

Weblinks

- [1] Projektsoftware: www.elektormagazine.de/150401
- [2] Cepstral-Sprachsynthesizer: www.cepstral.com/raspberrypi
- [3] Synthetische Sprache: <http://ttssamples.syntheticspeech.de/deutsch/>
- [4] Pico TTS auf dem RPi: www.blogging-it.com/text-mit-svox-pico-tts-direkt-von-der-kommandozeile-oder-aus-einer-datei-durch-sprachausgabe-wiedergeben/raspberrypi.html
- [5] RPi-GPIO: <https://sourceforge.net/projects/raspberrypi-gpio-python/>

S€M

Smarter €nergie Monitor



Von Joop Tap (NL)

Seit die „intelligenten“ Strom- und Gaszähler die gesetzlichen Hürden genommen haben, ist die Elektronik auch in diesem Bereich angekommen. Die neue Zählergeneration bietet Schnittstellen

für die Datenfernübertragung und noch einiges mehr. Der Zählerstand sowie die Netzbelastung oder Einspeisung (aus einer Solaranlage!) lassen sich an beliebigen Orten überwachen. Vorausgesetzt, dass die übertragenen Daten interpretiert und lesbar auf einem Display dargestellt werden.

Eigenschaften

- Erfasst Tages-, Monats- und Jahresverbrauch
- Zeigt die aktuell bezogene Leistung
- Zeigt die aktuell eingespeiste Leistung
- Speichert Daten auf einer SD-Karte
- Zugriff über WLAN oder Kabelnetzwerk
- Zugriff auch über das Internet

Wenn in dem Haus oder Gebäude, in dem Sie wohnen, bereits „intelligente“ Strom- oder Gaszähler [1] installiert sind, haben Sie Zugriff auf wichtige und nützliche Informationen. Um die Daten aufzubereiten, können Sie zu diversen Apps greifen, die für diesen Zweck geschrieben wurden. Allerdings zeigen die meisten Apps nur den Verbrauch vom Vortag an, die Daten werden lediglich

befristet gespeichert. Bei manchen Apps kann dieser Service sogar kostenpflichtig sein. Eine bessere Alternative ist der hier beschriebene Energiemonitor, der die Daten auswertet, auf einem abgesetzten LED-Display darstellt und auf einer SD-Speicherkarte konserviert.

Was leistet S€M?

Ein „intelligenter“ Stromzähler, beim Autor ein Einphasen-System G350 von Landis + Gyr, liefert die Daten nach dem Protokoll DSMR 4.0 an. Ein Zähler-Interface stellt die Daten an einem beliebigen Ort im Gebäude über WLAN bereit. Die Daten werden vom S€M ausgewertet, die Informationen erscheinen auf dem LC-Display des S€M oder auf einem externen LED-Display. Der S€M kann die Tages-, Monats- und Jahresdurchschnittswerte berechnen und nicht flüchtig speichern. Alle wichtigen Daten werden im zeitlichen Abstand von 15 Minuten auf

eine SD-Speicherkarte geschrieben. Aus den Datensätzen können extern Grafiken oder Statistiken erstellt werden.

Wie arbeitet S€M?

Die Verbindung zur Schnittstelle „P1“ des Zählers stellt ein Interface her, das in zwei Versionen entworfen wurde. Mit der Version in **Bild 1** werden die Daten dem hausinternen Kabelnetzwerk übergeben, in **Bild 2** ist die Version dargestellt, die über WLAN die Daten bereitstellt. Das Interface liest im 10-Sekunden-Takt die Daten gemäß DSMR 4.0 mit 115200 Baud und gibt sie invertiert als UDP-Datagramme weiter. Dieses serielle Signal ist auch im TTL-Format an CON1 (TCP/IP-Interface) und DATA_OUT (WLAN-Interface) verfügbar.

Das TCP/IP-Interface besteht lediglich aus einem TTL-Inverter und einem Modul USR-TCP232-T. Die Konfiguration dieses Moduls kann mit der zugehörigen Soft-

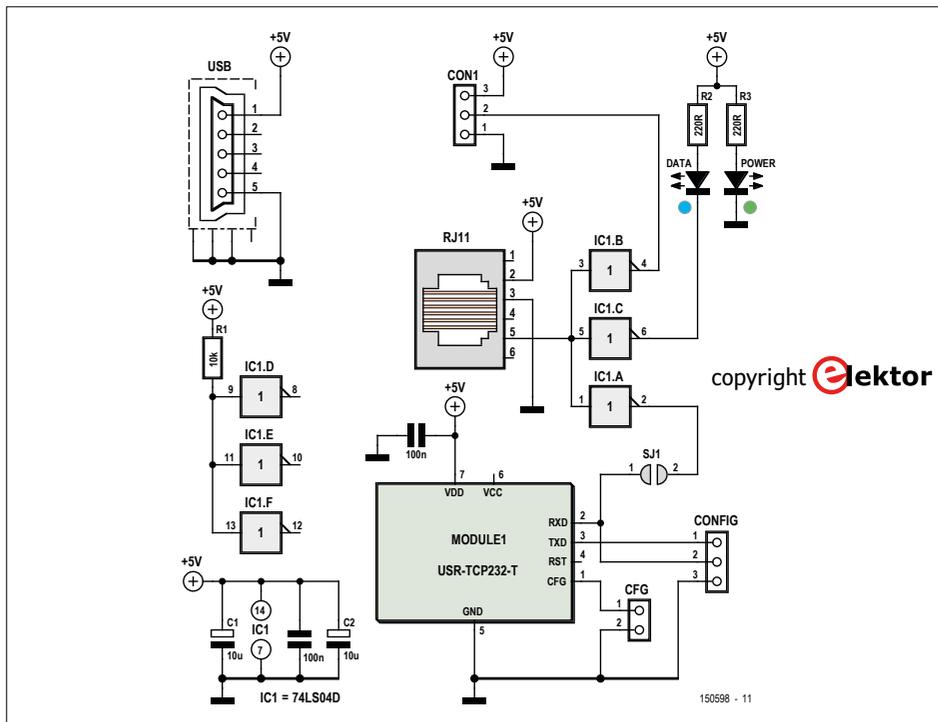


Bild 1. Die TCP/IP-Version stellt die Verbindung zu einem Kabelnetzwerk her, sie ist mit einem Modul USR-TCP232-T aufgebaut.

ware vollständig über das Netzwerk vorgenommen werden. Die LEDs „Power“ und „Data“ zeigen den Interface-Status an.

Das WLAN-Interface ist etwas komplexer aufgebaut, Kernstück ist das WLAN-Modul WiFly RN-171. Um das WLAN-Interface zu konfigurieren, muss es über ein USB-Kabel mit einem PC verbunden werden. USB/RS232-Umsetzer IC2, ein FT232RL, sorgt für die nötige Anpassung. Die Schritte, die beim Konfigurieren vorzunehmen sind, werden auf der Projektseite [2] beschrieben. Spätere Änderungen können ohne PC über das Netzwerk in einer Telnet-Sitzung durchgeführt werden. Das vom Zähler kommende Datensignal wird auch hier zuerst invertiert (IC3.A/IC3.B). Da das WiFly-Modul mit 3,3 V arbeitet, konvertieren T1...T3 die Signalpegel. Außerdem sind mehrere LEDs vorhanden, die den Betriebszustand visualisieren. Die grüne LED blinkt bei bestehender Netzwerkverbindung langsam, anderenfalls blinkt sie schnell. Werden Daten vom Zähler empfangen, leuchtet die blaue LED, während die rote LED signalisiert, dass das WiFly-Modul Daten über das WLAN sendet. Außerdem zeigen drei SMD-LEDs den Status beim Konfigurieren über USB an.

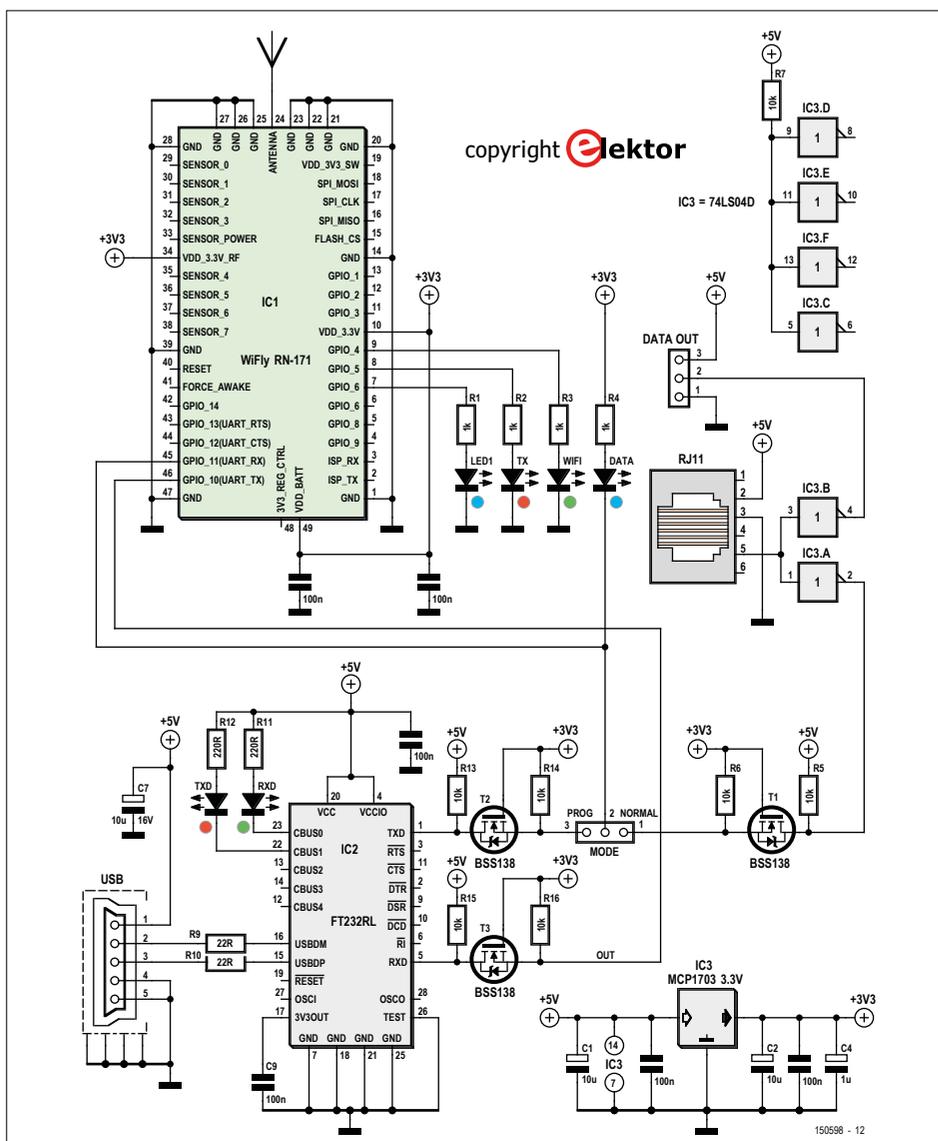
Sowohl das TCP/IP-Interface als auch das WLAN-Interface passen mechanisch in ein Gehäuse 1591MBK von Hammond. Die Verbindung zum Port P1 des Zählers stellt ein Kabel mit beidseitigen RJ11-Steckern her, die Adern dürfen nicht gekreuzt sein. Die Betriebsspannung 5 V kann ein Steckernetzteil mit Mini-USB-Stecker liefern. Der MCP1703 (IC3) auf dem WLAN-Interface stellt die Spannung 3,3 V für das WiFly-Modul bereit.

Die vom TCP- oder WLAN-Interface kommenden Informationen können gleichzeitig auf dem LC-Display des S€M und auf dem externen LED-Display dargestellt werden.

Datenempfang mit S€M

Der S€M analysiert die Daten, die über das Kabelnetzwerk oder WLAN angeliefert

Bild 2. Die WLAN-Version ist etwas aufwendiger, hier werden die Daten von einem Modul WiFly RN-171 drahtlos übertragen.



werden. Die empfangenen Informationen werden in Echtzeit auf einem vierzeiligen LC-Display ausgegeben. Der SMC schreibt die relevanten Daten auf eine SD-Speicherkarte und sendet sie über WLAN zum externen LED-Display. Zu den Berechnungen, die ein Mikrocontroller PIC18F2620 ausführt, gehören Endwerte, Saldos und Verhältniszahlen. Die aufbereiteten Informationen schreibt der Mikrocontroller im Viertelstundentakt als Textdatei auf die SD-Karte, die Datenelemente sind durch Kommata getrennt. Falls die Betriebsspannung ausfällt, bleiben die Tages-,

Monats- und Jahresdaten erhalten. Die übrigen Daten werden beim nächsten Datentelegramm erneuert, das der Zähler liefert. Die SD-Karte kann entnommen werden, um die Daten auf einem PC zu analysieren oder weiter zu verarbeiten. Ein Teil der Schaltung in **Bild 3** ist mit dem WLAN-Interface in Bild 2 nahezu identisch. Auch hier zeigt eine grüne LED den WLAN-Status an, eine blaue LED signalisiert den Datenempfang, während eine rote LED bei Sendeaktivitäten in Richtung externes LED-Display aufleuchtet.

Nach der Pegelanpassung mit T3 gelangen die Daten zum Mikrocontroller. Er übernimmt das Auswerten der Daten, das Steuern des LC-Displays und des akustischen Signalgebers sowie das Speichern der Daten auf der SD-Karte. Als Beigabe ist ein Temperatursensor DS18S20 vorhanden, er ist über Brücke JP2 mit dem Mikrocontroller verbunden. Die Brücke muss entfernt werden, wenn der Mikrocontroller über den ISP-Anschluss programmiert wird. Für die Bedientaster in **Bild 4**, die mit JP3 verbunden werden, wurde eine eigene kleine Platine entwor-

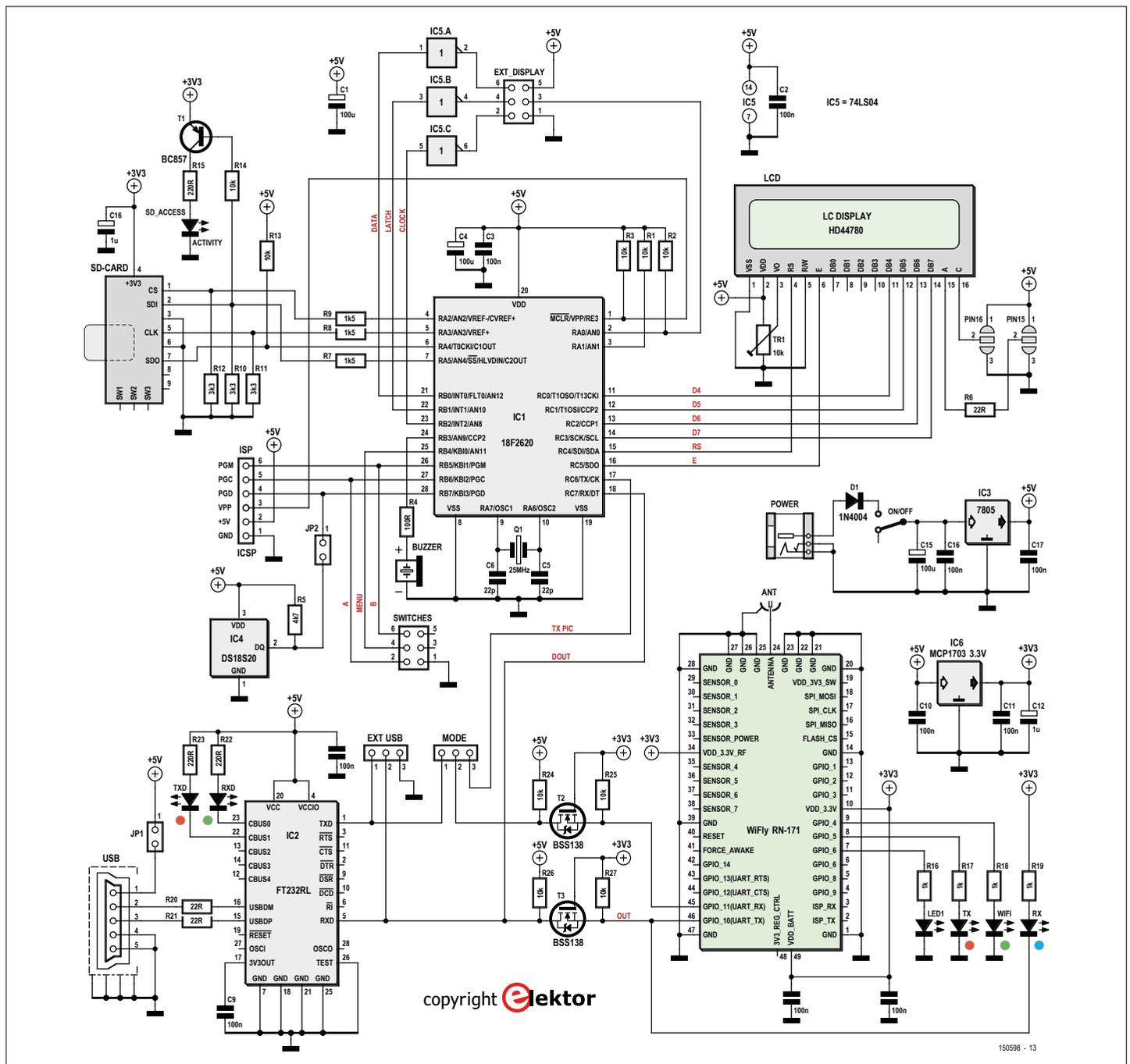


Bild 3. Der Mikrocontroller verarbeitet die Daten und speichert sie auf einer SD-Karte, außerdem steuert er ein abgesetztes LED-Display über WLAN.

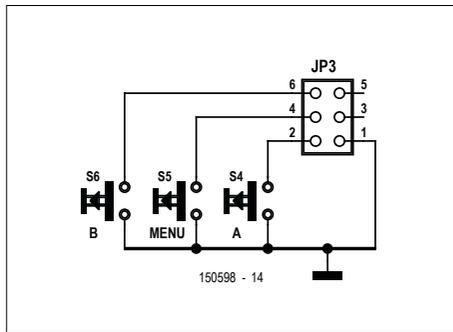


Bild 4. Die Taster befinden sich auf einer eigenen Platine, die Platinen sind im Lieferzustand zu einer kombinierten Platine zusammengefasst.

fen. Damit können die Taster an jeder geeigneten Stelle im Gehäuse montiert werden.

Bei Zugriffen auf die SD-Speicherkarte leuchtet die rote LED auf. Wichtig ist hier, dass die SD-Karte während eines Zugriffs nicht entnommen werden darf. Anderenfalls können die auf der Karte gespeicherten Daten beschädigt werden. Es ist anzuraten, das Daten-Logging vor der Entnahme zu stoppen (Menüoption 9, Taster B). Nach jedem Einstecken müssen die Daten auf Unversehrtheit geprüft werden (Menüoption 9, Taster A).

Das abgesetzte LED-Display wird vom S€M über WLAN gesteuert. Im Konfigurationsmenü ist festlegbar, welche Daten auf dem Display erscheinen. Die Display-Helligkeit lässt sich so einstellen, dass sie sich an die umgebende Helligkeit anpasst, oder das Display leuchtet dauernd mit maximaler Intensität. Die abgenommene oder in das Stromnetz eingespeiste Leistung wird permanent angezeigt. Wenn das akustische Signal abgeschaltet wurde, das bei Unterbrechung der WLAN-Verbindung warnt, wird auch keine Warnung auf dem LED-Dis-

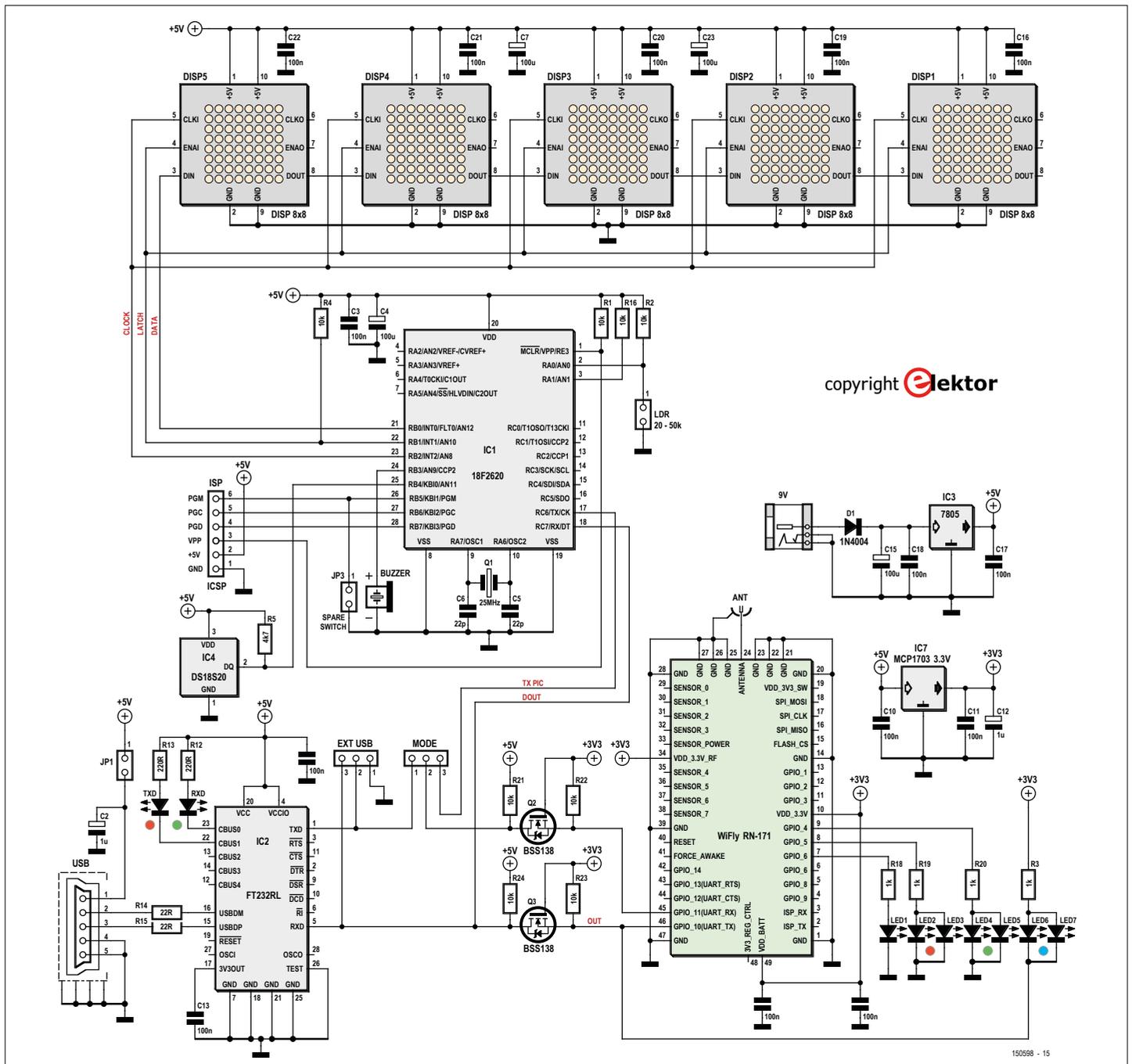


Bild 5. Das LED-Display arbeitet mit dem gleichen Mikrocontroller-Typ wie die Datenauswertung, es kann auch stand-alone betrieben werden.

play erscheinen. Es ist ferner möglich, das externe LED-Display ohne WLAN an den Kontakten EXT_DISPLAY anzuschließen.

Netzwerkconfiguration

Bevor der S€M seinen Betrieb aufnehmen kann, müssen ihm die SSID und das Passwort des WLAN bekannt sein. Dem Interface und dem externen LED-Display müssen IP-Adressen zugewiesen werden. Wie dies alles bewerkstelligt wird, erklärt eine Anleitung auf der Projektseite dieses Beitrags [2]. Nachdem die Konfiguration durchgeführt wurde, sind eventuelle Änderungen über das Netzwerk auf der Basis des Telnet-Protokolls möglich. Falls die WLAN-Verbindung abbricht, signalisiert eine LED die Störung, und es ertönt ein abschaltbares akustisches Signal.

Die Mikrocontroller-Firmware wurde in PIC-BASIC geschrieben und mit dem Proton BASIC Compiler Version 3.5.5.4 von Crownhill Associates kompiliert. Verfügbar ist die Firmware für einphasige und dreiphasige Zähler, die nach dem Protokoll DSMR 4.0 arbeiten [2]. Mit anderen Zählern wurde die Firmware bisher nicht getestet.

Die Hardware kann in einem Aluminiumgehäuse AH-102/SW von Monacor untergebracht werden. Die SD-Kartenfassung, die Status-LEDs, die 2,4-GHz-WLAN-Antenne und der Betriebsschalter werden an einer Seitenkante positioniert, während auf der anderen Seitenkante die Buchse für die Betriebsspannung eingebaut wird. Auf der Frontseite haben das blaue LC-Display mit 4 · 20 Zeichen und Hintergrundbeleuchtung sowie die drei Drucktaster ihren Platz.

Der S€M kommt mit wenig Energie aus, die Leistungsaufnahme liegt bei unter 1 W. Die LCD-Hintergrundbeleuchtung kann selbsttätig verlöschen, falls längere Zeit kein Taster betätigt wird.

Externes LED-Display

Die LED-Display-Schaltung in **Bild 5** ist der Schaltung des S€M in Bild 3 weitgehend ähnlich. Der Mikrocontroller PIC18F2620 steuert hier jedoch fünf Punktmatrix-Display-Module, die mit dem Treiberbaustein MAX7219 von Maxim arbeiten. Jedes Modul besteht aus dem MAX7219 und 8 · 8 im Quadrat angeordneten LEDs.

Auch hier zeigt eine grüne LED den WLAN-Status an, eine blaue LED leuchtet beim Datenempfang vom S€M auf,

während eine rote LED das Senden von Daten an ein weiteres LED-Display (sofern vorhanden) signalisiert. Ein LDR erkennt die Helligkeit der Umgebung, so dass die Display-Helligkeit selbsttätig angepasst werden kann. Wenn die WLAN-Verbindung unterbrochen ist, erscheint nach einiger Zeit die Meldung „WiFi?“, begleitet von einem akustischen Signal.

Das WiFly-Modul des LED-Displays wird für den Einsatz im Netzwerk über den Mini-USB-Anschluss konfiguriert. Unter anderem müssen die SSID und das Netzwerk-Passwort eingegeben werden, auch hierzu ist eine Anleitung auf der Projektseite [2] zu finden. Spätere Änderungen sind über das Netzwerk nach dem Telnet-Protokoll durchführbar. Auf der Platine befindet sich ein weiterer Jumper, über den die Displays auf Funktionsfähigkeit getestet werden können.

Die LED-Display-Platine ist so gestaltet, dass die Displays als „Sandwich“ aufgesteckt werden können. Dazu müssen die abgewinkelten Jumper-Leisten gegen gerade Ausführungen getauscht werden. Das LED-Display passt in ein Gehäuse mit den Abmessungen 17 · 6 · 4,5 cm, der Autor hat dieses Gehäuse aus einseitigem Platinenmaterial angefertigt. Von außen sind nur der Anschluss für das Steckernetzteil (7...12 V) und die WLAN-Antenne zugänglich. Auch das LED-Display geht sparsam mit der Energie um, der Leistungsbedarf beträgt weniger als 1,5 W.

Andere Konfiguration

Das LED-Display ist auch zusammen mit dem TCP/IP- oder WLAN-Interface

ohne S€M betriebsfähig, doch dann ist die Datenspeicherung auf einer SD-Karte nicht möglich. Angezeigt werden lediglich die Tagesabnahme an Strom oder Gas sowie die aktuell bezogene oder eingespeiste Leistung. Der Mikrocontroller muss dazu mit einer Firmware programmiert werden, die den Stand-alone-Betrieb unterstützt. Die vom Zähler über WLAN angelieferten Daten werden dann nicht vom S€M, sondern vom LED-Display analysiert und ausgewertet. Das Display zeigt einander abwechselnd die aktuell bezogene oder eingespeiste Leistung, den Tagessaldo beim Strom und gegebenenfalls beim Gas an. Mit JP3 kann die Anzeige der bezogenen Gasmenge deaktiviert werden.

Aufbautipps

Für den erfolgreichen Aufbau können einige Tipps nützlich sein. So sollte geprüft werden, ob die Platine des S€M in das Gehäuse passt, bevor der LötKolben angeheizt wird. Anschließend wird zuerst die USB-Buchse montiert, denn die Montage erfordert erhöhte Sorgfalt. Tests auf Funktionsfähigkeit nach den einzelnen Bauabschnitten sind sinnvoll, so dass eventuelle Fehlfunktionen schnell eingegrenzt werden können.

Nachdem die Hardware erfolgreich getestet wurde, folgen das Programmieren und Einstellen. Die Anleitungen können ebenso wie die Firmware von der Projektseite [2] heruntergeladen werden. Leserfragen beantwortet der Autor auf seiner Homepage [3], die Sprache ist Englisch oder Niederländisch. ◀

(150598)gd



Weblinks

[1] Intelligenter Zähler: http://de.wikipedia.org/wiki/Intelligenter_Zähler

[2] Projektseite zu diesem Beitrag: www.elektormagazine.de/150598

[3] Kontaktformular des Autors: <http://slimmemeter.jimdo.com/contact>

Informationen zum P1-Port: <http://domoticx.com/p1-poort-slimme-meter-hardware>

Homepage des Autors (niederländisch): <http://slimmemeter.jimdo.com>



Willkommen in Ihrem **E-SHOP**

ELEKTOR EMPFIEHLT



6-Ziffern-Nixie-Uhr

Obwohl sie bereits im Jahre 1955 auf dem Markt erschienen sind, haben Nixie-Röhren nichts von ihrem Reiz verloren (welcher Rockstar kann das noch von sich behaupten? ;). Unsere bisherige Nixie-Uhr (aus Elektor 11/2014) hat für viel Aufsehen gesorgt, zumal wir die neueste Technologie (GPS) verwendet hatten, um die aktuelle Uhrzeit mit vier Nixie-Röhren darzustellen. „Sehr schön, aber kann die Uhr auch die Sekunden anzeigen?“ war vor 1,5 Jahren eine häufig gestellte Frage an die Redaktion. Trotz des

internen Zählers war dies leider nicht möglich. In dieser Ausgabe stellen wir Ihnen eine aktualisierte Version der Nixie-Uhr vor, die die exakte Zeit auf die Sekunde genau anzeigt. Und als zusätzlichen Bonus stellt sich die neue Uhr automatisch auf Sommer- und Winterzeit um. Die 6-Ziffern Nixie-Röhre kann jetzt als Bausatz in unserem Online-Shop bestellt werden. Ein passendes Acrylglas-Gehäuse mit blauer Hintergrundbeleuchtung ist ebenfalls erhältlich.



Thijs Becker (Elektor-Redaktion)

www.elektor.de/150189-71

Elektor-Bestseller

1. Raspberry Pi 3 (Mod. B)
www.elektor.de/rpi-3



2. Sensoren am Raspberry Pi
www.elektor.de/sensoren-am-rpi

3. eRIC Nitro
www.elektor.de/eric-nitro

4. Offizieller 7"-Touchscreen für RPi
www.elektor.de/official-rpi-touch

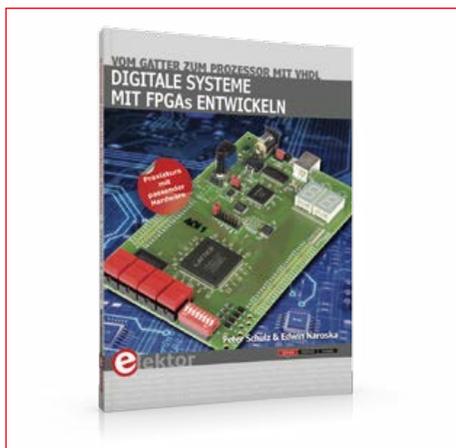
5. Mooshimeter
www.elektor.de/mooshimeter

6. Physik-Experimente mit Arduino
www.elektor.de/physik-mit-arduino

7. Apps für Elektroniker
www.elektor.de/apps-fuer-elektroniker

8. SmartScope
www.elektor.de/smartscope

Digitale Systeme mit FPGAs entwickeln



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.

 Mitgliederpreis: 49,00 €

www.elektor.de/digitale-systeme-fpga

Physik-Experimente mit Arduino



Dieses Buch wendet sich in erster Linie an alle, die sich auf dem Gebiet der Physik in irgendeiner Art von Ausbildung befinden (z.B. Schüler, Studenten, Praktikanten, Auszubildende) oder selbst in der Ausbildung tätig sind. Der Autor zeigt anschaulich, wie man die unterschiedlichsten, physikalischen Experimente mit modernen Hilfsmitteln wie zum Beispiel der Arduino-Plattform sinnvoll ergänzen kann.

 Mitgliederpreis: 24,90 €

www.elektor.de/physik-mit-arduino

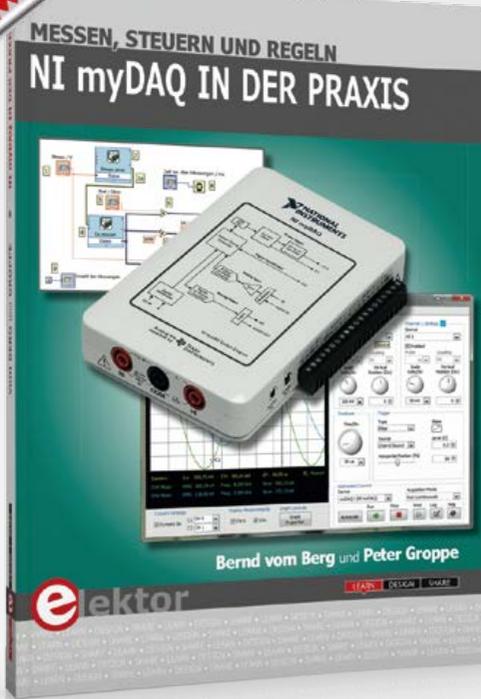
Network Connected Signal Analyzer



Wer gerne ein Oszilloskop, einen einfachen Signalgenerator und einen Spektrum-Analyser 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.

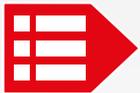
 Mitgliederpreis: 67,46 €

www.elektor.de/150211-91

**NEU****NI myDAQ
in der Praxis**Messen, Steuern
und RegelnAll-new
Pro Tech
ToolkitNeuigkeiten &
Angebote aus
erster HandElektor-Newsletter
jetzt abonnieren:www.elektor.de/newsletter

Messen, Steuern und Regeln – diese Kerndisziplinen der klassischen Elektrotechnik bilden auch heute noch die wesentlichen Schwerpunkte in der elektrotechnischen Ausbildung, und zwar sowohl in der gewerblichen Schulung (Ausbildungsberufe) wie auch in der Hochschul- und universitären Lehre. Der Umgang mit modernen Entwurfs-, Simulations- und Testtools – wie beispielsweise das Arbeiten mit LabVIEW – sollten in den Lehrplänen der Ausbildungs- und Lehreinrichtungen nicht fehlen. In diesen Bereichen kann das myDAQ-Modul von National Instruments (NI) praxisnah und kostengünstig eingesetzt werden.

Im vorliegenden Grundlagen-, Arbeits- und Experimental-Buch wird das myDAQ-Modul und seine Funktionen ausführlich und praxisgerecht beschrieben. Nach der Vorstellung der einzelnen Mess- und Analysegeräte werden Erweiterungsadapter und kleine Mini-Systeme entwickelt, die einen sofortigen Embedded-Einsatz des myDAQs ermöglichen.



Mitgliederpreis: 33,00 € (frei Haus)
www.elektor.de/mydaq-in-der-praxis

eRIC Nitro**Apps für Elektroniker****Formula AllCode Robot Buggy**

eRIC Nitro ist ein kleines (2,5 x 5,5 cm) Arduino-kompatibles Modul mit einem On-Board low-power ISM-Band-Funkmodul. Das Funkmodul kann selbstständig arbeiten; es wird durch den Mikrocontroller mit Arduino-Bootloader oder via PC gesteuert. Zwei PIN-kompatible Varianten sind ebenfalls verfügbar: eRIC4 für 433 MHz und eRIC9 für 869/916 MHz.



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.



Formula AllCode ist ein kompletter Kurs zur Robotik mit eindrucksvollen Spezifikationen. Der Roboter selbst ist mit Bluetooth ausgestattet und kann so von der großen Rechenleistung externer Plattformen wie Android und Apples OS X/iOS oder auch Raspberry Pi und Arduino profitieren.



Mitgliederpreis: 26,96 €



Mitgliederpreis: 34,80 €



Mitgliederpreis: 224,10 €

www.elektor.de/eric-nitrowww.elektor.de/apps-fuer-elektronikerwww.elektor.de/formula-allcode

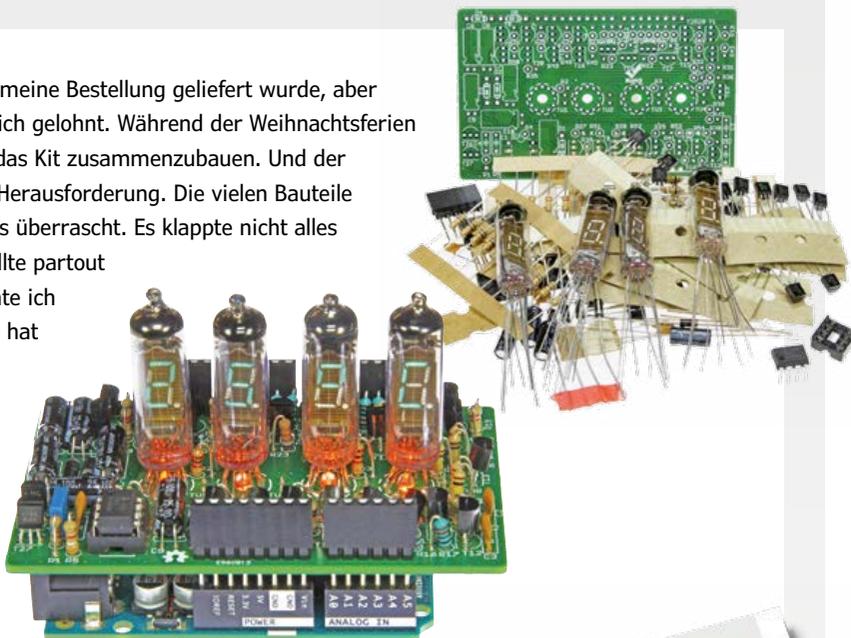


Von Frans Andries

Es hat einige Zeit gedauert bis meine Bestellung geliefert wurde, aber das Warten hatte sich letztendlich gelohnt. Während der Weihnachtsferien hatte ich auch die nötige Zeit, das Kit zusammenzubauen. Und der Zusammenbau war eine echte Herausforderung. Die vielen Bauteile des Kits haben mich doch etwas überrascht. Es klappte nicht alles auf Anhieb. Eine VFD-Röhre wollte partout nicht leuchten. Schließlich konnte ich

den Fehler finden: ich hatte 2 Transistoren verwechselt. Das hat man davon, wenn man sich nicht an die Anleitung hält. Ich hätte mir viel Zeit und Kopfzerbrechen ersparen können. Jetzt aber funktioniert alles perfekt. Als nächstes möchte ich noch die Software der Uhr laden und sie eventuell ein wenig anpassen, damit sie in einer I²C-RTC-Uhr läuft. Und damit die Röhren noch besser zum Vorschein kommen, sollen sie ein Gehäuse im Retro-Stil (ganz nach meinem Geschmack) verpasst bekommen. Kurzum: Die VFD-Ziffernröhren sehen toll aus und sind von erstklassiger Qualität.

Mehr Infos finden Sie unter www.elektor.de/150064-71



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



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

DIY 6-digit Nixie clock
SEITE SCANNEN UND VIDEO ANSCHAUEN



Waiting for the GPS Signal



Mit dem neuen „Pro Tech Toolkit“ von iFixit können DIY-Enthusiasten und professionelle Reparaturtechniker Elektronik-Reparaturen aller Art durchführen.

Es enthält Werkzeuge zum Schrauben, Öffnen, Greifen, Hebeln und Sondieren – alles was benötigt wird, um Geräte aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik zu reparieren. Und das ESD-sicher. Gegenüber dem Vorgänger bietet die neue Version 10 Schrauber-Bits mehr.



Mitgliederpreis: 58,46 €

www.elektor.de/all-new-pro-tech-toolkit

NI myDAQ in der Praxis

Messen, Steuern und Regeln

All-new Pro Tech Toolkit

Elektor-Shop

Das gesamte Elektor-Sortiment finden Sie auf

www.elektor.de

Internet of Things

Sensoren am Raspberry Pi

Mooshimeter



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.

Dieses Buch richtet sich an jeden, der seinen Raspberry Pi 2 oder 3 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.

Der geniale Mooshimeter verwandelt Ihr Bluetooth-fähiges Smartphone/Tablet in ein grafisches Wireless-Multimeter mit Datenlogger-Funktion. Im Vergleich zum klassischen Hand-Multimeter bietet der Mooshimeter neue Anwendungsmöglichkeiten. Zum Beispiel kann man die Messdaten aus der Entfernung ablesen.



Mitgliederpreis: 39,80 €



Mitgliederpreis: 29,80 €



Mitgliederpreis: 121,46 €

www.elektor.de/iot-buch

www.elektor.de/sensoren-am-rpi

www.elektor.de/mooshimeter

Willkommen bei **SHARE**

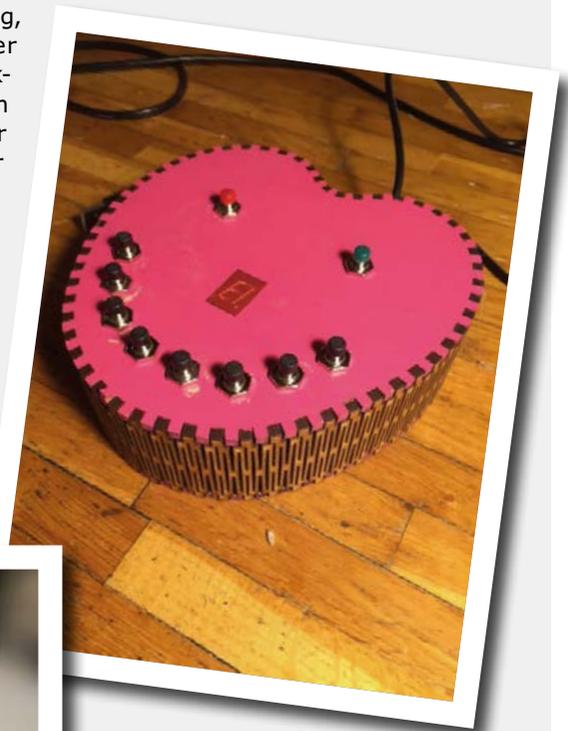


Von **Thijs Beckers** (Elektor NL)

Ein Spielzeug, das von Herzen kommt

Auf der Startseite von SHARE möchte ich Ihnen zuerst ein für Elektor eher untypisches Projekt vorstellen. Ein Kollege und Übersetzer, der fremdsprachige redaktionelle Texte in seine Muttersprache überträgt, legte es mir ans Herz. Elektor ist ein internationaler Medien-Verlag, Beiträge der Landesredaktionen druckreif für anderssprachige Elektor-Ausgaben zu übertragen, gehört zum alltäglichen Geschäft. Dafür sind nicht nur überdurchschnittliche Kenntnisse der Zielsprache nötig, eine hohe Allround-Fachkompetenz ist mindestens ebenso wichtig. Kollege Kees de Groot, ein Elektorianer mit Herz und Seele, zeigte mir kürzlich das, was er für seine jüngste Tochter konstruiert hat: „Die Spieldose mit den vielen Tastern ist mein neuestes Werk. Die rundum verlaufende Seitenwand habe ich aus 3 mm starkem MDF gebogen. Wenn meine kleine Tochter der Reihe nach die schwarzen Knöpfchen drückt, wird über den eingebauten Lautsprecher eine Tonleiter gespielt, C-D-E-F-G-A-H-C. Der rote Taster startet die Auf-

nahme, der grüne Taster die Wiedergabe einer Tonfolge. Für die Spieldose habe ich noch viele große Ideen.“



Wenn Sie die Ausführungen zum „Micro Bit“ der britischen BBC gelesen haben, müssen Sie sich noch in Geduld üben. Damit die BBC ihr engagiertes, hoch gestecktes Ziel erreicht, mussten von diesem für britische Schüler kostenlosen Board Millionen Exemplare produziert werden. Doch bis zu dieser Stunde, in der diese Zeilen geschrieben werden, ist „Micro Bit“ nicht im freien Handel erhältlich. Bis die beschenkten Schüler ihrer Boards überdrüssig sind und sie auf eBay oder anderswo verscherbeln, kann noch es noch eine Weile dauern.

Auf den folgenden Seiten dieser Ausgabe finden Sie wieder viel Wissenswertes, das wir mit Ihnen teilen möchten. Zu den Themen gehören diesmal das Fairphone, der Zen-Verstärker und die Retronik, und selbstverständlich darf das Hexadoku, das monatliche Sudoku für Elektroniker, nicht fehlen. ◀

(150782)gd

Keramisch gegen Tantal

Für und Wider der Kondensator-Werkstoffe

Es gab einmal eine Zeit, in der Tantalkondensatoren bei den Entwicklern hoch im Kurs standen. Heute liegen keramische Kondensatoren eher im Trend, doch sind sie die Ultima Ratio? Nein, jeder Typ hat seine Stärken und Schwächen!

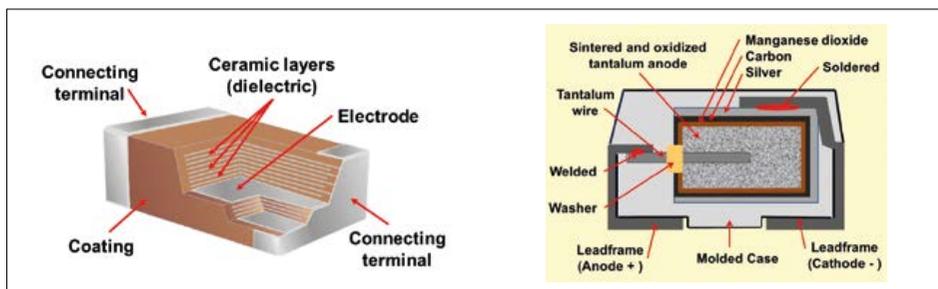
Von **Harry Baggen** (Elektor-Labor)

In den letzten Tagen war Kollege Ton Giesberts damit beschäftigt, die Platine für ein FPGA-DSP-Board zu entwerfen, das in einer kommenden Ausgabe erscheinen soll. Der Entwickler dieses Projekts hatte unvermittelt die Eingebung, einige keramische Kondensatoren gegen Tantalkondensatoren auszutauschen. „Wegen der besseren Eigenschaften“, so lautete die Begründung. Auch relativ hohe Kapazitäten, beispielsweise SMD-Typen mit 10 μ oder 22 μ , sind heute als keramische Typen und alternativ als Tantalkondensatoren auf dem Markt. Die Änderungen des Platinenlayouts waren nicht dramatisch, doch sie warfen die Frage auf, wo genau die Unterschiede der Kondensator-Technologien liegen. Da Kollege Ton Giesberts gern den Dingen auf den Grund geht, wurde im Web nach Expertisen zum aufgeworfenen Thema gesucht. In dem Forum „element14“ hat Charles Gervasi im Jahr 2012 einen Beitrag gepostet [1], der genau diese Frage beleuchtet. Der Autor stützt seine Ausführungen auf eine Application Note des Bauelemente-Herstellers Kemet, die aus dem Jahr 2008 stammt [2].

An dieser Stelle können wir nur in Kurzform die Minuspunkte der beiden Technologien auflisten. Das Fazit: Keramische Kondensatoren verhalten sich wohl doch nicht so ideal, wie mancher Entwickler denkt!

Handicaps keramischer Kondensatoren:

- Die Kapazität sinkt mit dem Alter. Bei Dielektrika wie Y5V und Z5U ist dieser Effekt deutlicher ausgeprägt als bei X5R und X7R. Durch Erneuern der Lötprozedur lässt sich der ursprüngliche Wert wiederherstellen, denn dabei wird die kristalline



Schnitt durch einen keramischen Kondensator (links) und einen Tantalkondensator (rechts, Quelle: Wikipedia).

Struktur in ihren ursprünglichen Zustand rückversetzt. Allerdings ist dieser Zustand nicht dauerhaft, die Kapazität beginnt erneut zu sinken.

- Die Kapazität sinkt bei angelegten Gleichspannungen, der Effekt hängt von der Höhe der Gleichspannung ab. Es kann durchaus vorkommen, dass die tatsächliche Kapazität nur die Hälfte der Nennkapazität beträgt.
- Keramische Kondensatoren verhalten sich bei Frequenzen um etwa 30 Hz...30 kHz wie piezokeramische Elemente, sie können Störsignale produzieren und Geräusche aus der Umgebung in Störsignale umsetzen.
- Keramische Kondensatoren sind empfindlich gegen mechanische Kräfte. Wenn sie bei der Montage eingeklemmt werden, können in den extrem dünnen Schichten so genannte „Flex Cracks“ (Risse) auftreten.

Handicaps von Tantalkondensatoren:

- Diese Kondensatoren sind polarisiert, sie dürfen niemals mit falscher Polung montiert werden.
- Langzeitstabilität ist nur erreichbar, wenn ein Tantalkondensator höchstens an der

Hälfte seiner Nennspannung betrieben wird. Mit zunehmender Temperatur sinkt die Nennspannung nicht unerheblich.

- Tantalkondensatoren haben bei hohen Frequenzen geringere Kapazitäten als bei niedrigen Frequenzen.
- Tantalkondensatoren haben höhere Leckströme als keramische Kondensatoren.
- Tantalkondensatoren haben höhere ESR-Werte als keramische Kondensatoren, hier sind sie jedoch den Aluminium-Elektrolytkondensatoren überlegen.
- Tantalkondensatoren können bei Überspannungen explodieren. Dieses früher relevante Problem haben die Hersteller weitgehend in den Griff bekommen.

Abhängig vom Einsatzzweck kann es aufschlussreich sein, identische Prototypen parallel zueinander mit keramischen Kondensatoren und Tantalkondensatoren zu bestücken, zumal die Preisunterschiede gering ausfallen. Tantalkondensatoren sind mechanisch robuster, sie behalten ihre Kapazitäten über weite Spannungsbereiche bei. Im Vergleich dazu weisen keramische Kondensatoren niedrigere Leckströme auf, die ESR-Werte sind niedriger und das Verhalten im hochfrequenten Bereich ist besser. ◀

(150785)gd

Weblinks

[1] www.element14.com/community/community/news/blog/2012/04/30/why-do-they-even-make-tantalum-capacitors

[2] www.kemet.com/Lists/TechnicalArticles/Attachments/93/2008-11%20Update%20-%20Ceramic%20versus%20Tantalum.pdf

Zen-Variationen

So simpel können Audioverstärker sein!

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

Der Zen-Buddhismus, ursprünglich eine Strömung unter den fernöstlichen Religionen, scheint auch die Welt der Audiophilen beeinflusst zu haben. Ein Zen-Verstärker ist eine minimalistische Konstruktion, die mit möglichst wenig Aufwand höchste Klangqualität erzielen möchte. Wie das gehen könnte, darüber klärt den staunenden Betrachter das weltweite Netz auf.

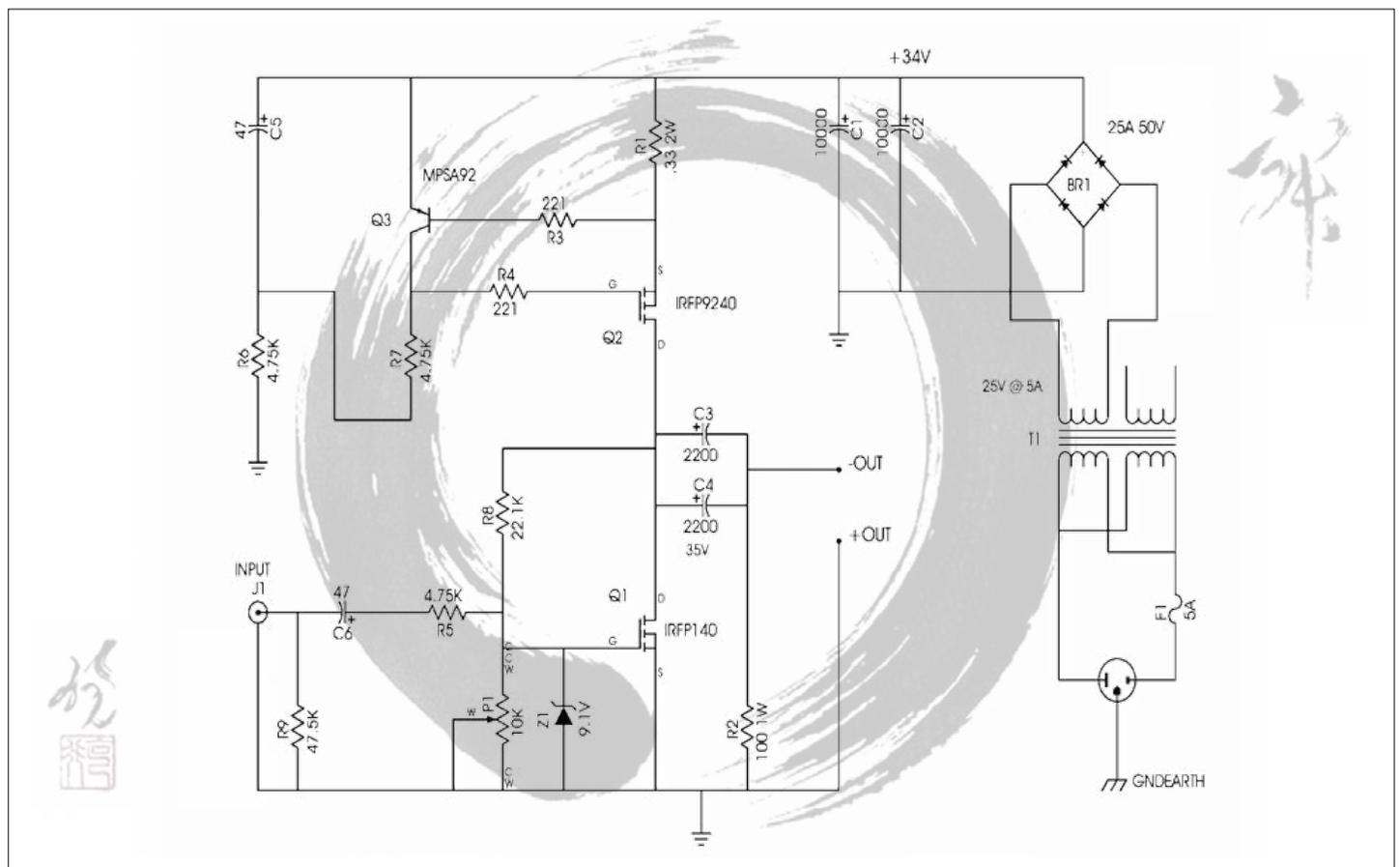
Die Zahl der Audio-Freunde, die heute noch selbst Hand anlegen, scheint erstaunlich hoch zu sein. Vom Verstärkerbau bis zu den Lautsprecherboxen sind die Do-It-Yourself-Aktivitäten breit gestreut. Unter den Audiophilen zeichnet sich deutlich eine Linie zwischen den Hör-Genießern und den Technik-Freaks ab. Während die erste Gruppe alles dafür gibt, den Klanggenuss auszukosten, sind die Menschen der zweiten Kategorie in technische Raffinessen vernarrt. Hier haben die Schaltungstechnik der Verstärker und die Konstruktionen der Lautsprecherboxen einen hohen Stellenwert.

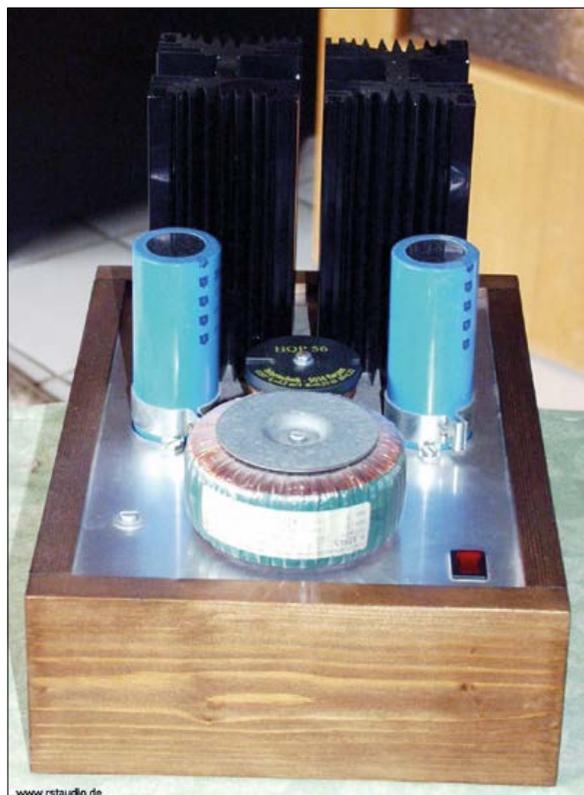
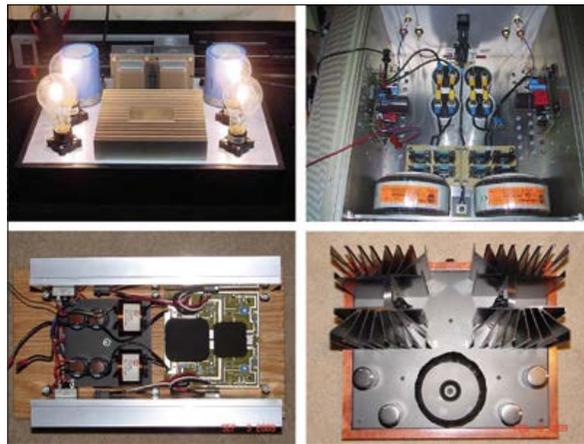
Daneben gibt es auch noch Audiophile, bei denen beide Aspekte mehr oder weniger gleiches Gewicht haben.

Ein schaltungstechnischer Exot ist der Zen-Verstärker, ein Entwurf, der im Jahr 1994 vom Audio-Guru Nelson Pass [1] vorgestellt wurde. Auch heute noch hat dieser Verstärker zahlreiche Anhänger, von ihnen wird der Zen-Verstärker in manchmal erstaunlichen Varianten nachempfunden. Viele der bisher erschienenen Derivate tragen Namen, die ihre Verwandtschaft mit dem Urahn auf den Punkt bringen: „Son of Zen“, „Death of Zen“ oder „Bride of Zen“ sind nur eine

kleine Auswahl.

Wo ist nun der Clou des Zen-Konzepts? Nelson Pass hatte den Ehrgeiz, einen wertigen Endverstärker mit marginal wenigen Komponenten zu konstruieren. Was dabei herauskam, war eine Schaltung mit nur einem leistungsstarken MOSFET und einer Stromquelle. Die Idee stand unter dem Motto „Je weniger und einfacher die Komponenten, desto geringer die Schmälerung des Audiosignals“. Mehr oder weniger massive Verzerrungsprodukte wurden klaglos in Kauf genommen, komplexe Schaltungen mit starken Rückkopplungen waren tabu. Der Stammvater





► Eine Glühlampe als Stromquelle? Bei Zen-Verstärkern nicht unmöglich!

der Zen-Verstärker war aus 18 Bauelementen aufgebaut, hinzu kam lediglich die Stromversorgung. Zum Verstärker gehörten nur drei aktive Bauelemente: Ein MOSFET und ein bipolarer Transistor für eine Stromquellen-Schaltung sowie ein MOSFET für die Verstärkung des Audiosignals. Dieser Klasse-A-Verstärker hatte einen Wirkungsgrad von 20 %, er leistete 20 W, begleitet von massiven harmonischen Verzerrungen. Bei der Leistung 1 W betrug die harmonischen Verzerrungen (nur zweite Harmonische) noch etwas mehr als 0,5 %. Da der Verstärker pro Kanal ununterbrochen rund 70 W verheizte, hatten die Kühlkörper immense Dimensionen. Natürlich war auch die Stromversorgung von überdurchschnittlichem Kaliber. Die Empfehlung, die Nelson Pass für den Netztrafo gab, lautete: 25 V bei 6 A auf der Sekundärseite. Der Meister äußerte zum Klang seines Zen-Verstärkers in der originalen Veröffentlichung ebenso kurz wie deutlich: „So how does it sound? With the right loudspeaker, simply wonderful“ (Wie soll er schon klingen? Mit den richtigen Lautsprechern einfach wunderbar!). In den Folgejahren überraschte Nelson Pass die Fachwelt mit diversen, teil-

weise skurrilen Nachfolgern. So entwickelte er eine Version, bei der die Stromquellen-Schaltung durch eine 300-W-Glühlampe ersetzt worden war! Ferner erschienen Stromquellen-Modifikationen, eine Version mit Eingangspuffer, stabilisierte Netzteile, eine komplettär aufgebaute Version, eine Version, die supersymmetrisch gestaltet war sowie endlich auch eine Version mit Gegenkopplung. Sämtliche genannten Versionen sind auf der Website von Passdiy [2] unter „Zen Variations 1...9“ zu finden. Auf der Website von Elliott Sound Products [3] werden einige auf Zen aufbauende Entwicklungen präsentiert, die anstelle von MOSFETs bipolare Transistoren verwenden. Der Abkömmling „Death of Zen“ ist in einer Lautsprecher- und einer Kopfhörer-Version zu bestaunen. Es dürfte kaum verwundern, dass auch Zen-Verstärker mit Röhren sowie hybride Varianten mit Röhren und FETs das Licht der Welt erblickten. Sogar einige kommerzielle Produkte sind oder waren auf dem Markt, zum Beispiel der „Zen Triode Amplifier“ von Decware [4]. Im Lauf der Jahre haben sich zahllose Selbstbau-Enthusiasten an Zen-Verstärkern versucht. Nelson Pass hat auf seiner Website Fotos platziert, die er von seinen Anhängern zugeschickt bekam. Wer sich in die Gilde der Zen-Verstärker-Bauer einreihen möchte, findet eine zuverlässige Richtschnur auf der Website von Ralph Stens [5]. Dort kann der geneigte Besucher dessen Version, den „Son of Zen“, in Augenschein nehmen. Noch bewegendere Einblicke in die Welt der Zen-Verstärker kann das Forum bei diyAudio [6] geben, dieses Forum gilt als Hochburg der Jünger von Nelson Pass. ◀

(150786)gd

Weblinks

- [1] www.passdiy.com/pdf/zenamp.pdf
- [2] www.passdiy.com
- [3] <http://sound.westhost.com/projects-0.htm#pwr>
- [4] www.decware.com/newsite/SE84CKC.html
- [5] http://rstaudio.de/Zen/zen_en.html
- [6] www.diyaudio.com/forums/pass-labs/

Gigantomania

„1 Kilowatt HiFi - anno domini 1986“

Von **Dr. Thomas Scherer** (D)

Die Überraschung war perfekt: Anlässlich des ersten Treffens von Selbstbau-Segway-Clonern der Welt im schwäbischen Ellwangen im Mai 2012 konfrontierte mich der Organisator des Treffens Günter Gerold mit der Vergangenheit in Form des Elektor Gigant. Ich bekenne mich schuldig: Diesen damals gigantischen Audioverstärker habe ich vor 30 Jahren verbrochen...

Technische Daten:

- 2 x 250 W (8 Ω), 2 x 500 W (4 Ω) oder 1 x 1.000 W (8 Ω)
- Bandbreite: 8 Hz...100 kHz
- Verzerrungen: 0,1 % (1 kW); 0,01 % (600 W)
- Dämpfungsfaktor: >100
- Einschaltverzögerung, Lüftersteuerung, Spannungsüberwachung
- Eingangspegel: 0,775 Vrms für Vollaussteuerung
- Gewicht: enorm!

Das waren noch Zeiten! Bauteile hatten noch Drähte, Platinen noch Löcher und Lötzinn mit 1,5 mm war perfekt für alle Lebenslagen. Damals konnte man mit dem Selbstbau von Audioverstärkern sogar noch richtig Geld sparen – vom Spaß und der Möglichkeit, etwas ganz Besonderes zu bauen, einmal völlig abgesehen. Endstufenprojekte hatten bei Elektor Tradition. Schon in der allerersten Elektor-Ausgabe vom Mai 1970 gab es mit dem „Edwin“ einen sagenhaft einfachen 20-W-Verstärker zum Selberbauen. Ich baute ihn Jahre später nach.

Kurz darauf folgte schon eine Version mit für die damalige Zeit hammermäßigen 54 W! Endstufe reihte sich an Endstufe, alle mit unterschiedlichen Konzepten, Daten und Leistungen. Ich baute und baute und es war dann auch bestimmt das Gegenteil von Zufall, dass ich ab 1980 genau da tätig war, wo all diese tollen Schaltungen entwickelt wurden: bei Elektor. Das war eine wirklich tolle Zeit. Die ersten Elektor-Selbstbau-Computer auf Basis des SC/MP von National Semiconductor (unter [1] lesen und googeln!) wurden durch den Junior-Computer rund um den 6502 von MOS Technology abgelöst. Telefone waren in Deutschland noch grau oder grün und hatten keine Tasten. Und der typische Verstärker jener Zeiten wartete mit Leistungen zwischen 40 und 200 W auf. Das sollte sich ändern...



Killerwatt

1986 zog es mich zwecks weiterer Bildung an die Uni und schweren Herzens verließ ich Elektor. Die Entscheidung fiel mir echt schwer, denn bei Elektor war man nicht nur am Puls der technischen Entwicklung, sondern auch der Zusammenhalt der Kollegen und die kreative Aura bei Elektor suchte ihresgleichen. Also nahm ich mir vor, sowohl Elektor als auch seinen vielen Lesern ein Abschiedsgeschenk besonderer Art zu machen: Heimlich und zunächst ohne meinen Kollegen etwas zu verraten entwickelte ich einen Audioverstärker, der die damals unvorstellbare Ausgangs-

leistung von 1.000 W in bester Qualität an die Lautsprecher bringen sollte.

Das Entwickeln von analoger Elektronik ging damals noch ganz ohne Simulator oder PC-Power vonstatten. Gefragt war Kopfrechnen - mit etwas Unterstützung durch einen programmierbaren Taschenrechner von Sharp in meinem Fall. Als ich damit fertig und der Schaltplan mit Bleistift, Lineal und Papier zu Ende gezeichnet war, übergab ich meinen Entwurf dem Elektor-Evaluationsprozess und wartete bei der nächsten Redaktionskonferenz gespannt auf das Urteil meiner Kollegen. Schließlich war ich nicht der einzige Audiophile bei Elektor. Ich rechnete mit Allem, vom sanften Tippen des Zeigefingers an die Stirn, Sprüchen wie „...und das soll funktionieren?“ bis zur anerken-

nenden Zustimmung (auf die ich natürlich hoffte). Aufatmen: Ich bekam die Zustimmung!

Nach Lektüre der vielen schriftlichen Kommentare zur Schaltung rechnete ich sie nochmals durch, und dann startete das Elektor-Projekt mit dem Arbeitstitel „Gigant“. Das ging so: Die Zeichenabteilung fertigte eine Reinzeichnung der Schaltung an, die in **Bild 1** zu sehen ist. Gleichzeitig wurden die Bauteile bestellt und eine Platine – damals noch von Hand mit Klebesymbolen – layoutet. Dann bestückte jemand die Platine und überbrachte mir die physikalische Manifestation meines Entwurfs. Ich verschwand damit dann im Audio-Labor, hoffend, dass ich mich nicht verrechnet hatte und das Labor frei von Rauchwölkchen bleiben würde.

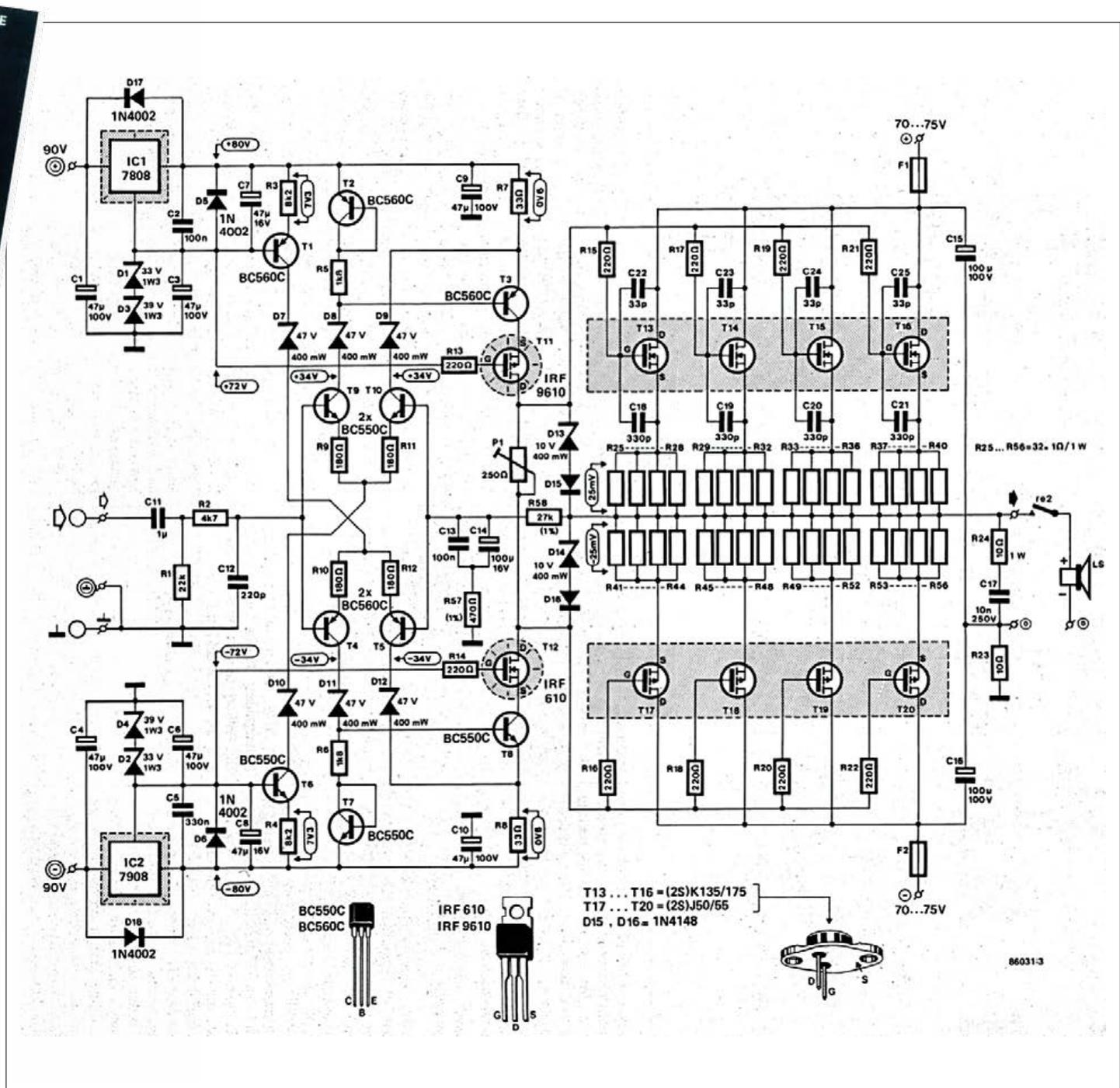


Bild 1. Gigantische Schaltung: Vollsymmetrische Endstufe mit 2 ICs, 20 Ts, 10 Ds, 17 Cs und 56 Rs und einem Trimpoti. Jeder der acht Power-MOSFETs muss bei Vollast etwa 40 W an Wärme abführen können.

Schaltung und Test

Wenn man einen Blick auf die Schaltung wirft, dann fällt die hohe Symmetrie auf und die saubere Trennung von Spannungs- und Stromverstärkung. Außerdem sind die hohen Spannungen von $\pm 90\text{ V}$ für unbedarfte Elektroniker durchaus beeindruckend. Bei voller Leistung muss man an den Lautsprecherklemmen immerhin mit Spitzenspannungen von über 125 V rechnen. Ich selbst war damals qua Ausbildung für maximal 48 V „zugelassen“, und alles darüber sowie Kupferdrähte mit Querschnitten über $1,5\text{ mm}^2$ war für mich des Teufels. Aber es half ja nichts, denn getestet musste werden.

Ich weiß es noch wie heute, im Audio-Labor gab es vier wichtige Dinge: Ein Philips-Oszilloskop lachte mich an, ein Tongenerator und ein Array mit Hochlastwiderständen in der rich-

tigen Dimension. Und – ganz wichtig – ein unheimlich teurer Spektrum-Analyzer von Brüel & Kjær. Noch wichtiger: zwei dicke, fette Labornetzeile mit einstellbarer Spannung bis zu 100 V und Leistung satt. Los ging es: Die Netzteile wurden angeschlossen und die Spannung langsam bis auf den Nennwert gesteigert. Ich hatte Schweißtropfen auf der Stirn. Doch die Aufregung war unnötig: Es floss nur ein minimaler Strom und am Ausgang war nichts von den gefürchteten „Schwingen“ zu sehen. Die Arbeitspunkte der Vorstufe stimmten alle. Der Ausgang zeigte die erwünschte Nulllinie. Uff!

Jetzt wurde es nochmals spannend, denn mit P1 wurde der Ruhestrom auf 100 mA pro komplementärem Endtransistor-Paar eingestellt. Auch das klappte anstandslos. Bei 150 V Versorgung wurden daher rund 60 W in Ruhe verheizt. Also abwarten und schauen, ob der Ruhestrom stabil blieb. Er blieb. Ein Vorteil der hier eingesetzten MOSFETs von Hitachi war, dass sie anders als bipolare Transistoren keinen negativen Temperaturgang hatten. Der Ruhestrom war also selbststabilisierend. Ein weiterer Vorteil der recht teuren FETs: Sie wiesen gegenüber modernen Power-MOSFETs nur kleine Eingangskapazitäten auf. Der Strom durch T11 und T12 und damit die Treiberleistung konnte also recht begrenzt gehalten werden. Nachteil war der recht hohe Kanalwiderstand, sodass beim Spitzenstrom von 4 A pro MOSFET fast 10 V an ihnen abfiel. You can't win them all. Jetzt musste die Schaltung nur noch den Dauerbetrieb mit hoher Leistung überstehen. Über den heiß werdenden Lastwiderständen sah man ganz schnell die Luft flirren und auch der massive Kühlkörper des Verstärkers wurde ganz schön warm, aber man konnte ihn auch nach fünf Minuten noch anfassen. Alles blieb stabil. Sie können sich sicherlich vorstellen, wie erleichtert ich war. Mir blieb nur noch, die Verzerrungen etc. zu messen und die sonstigen technischen Daten (siehe **Kasten**) zu erfassen. Dann beauftragte ich den Bau eines Prototypen mit eigenen Trafos, machte mich an den Test der Schutzschaltungen und schrieb den zugehörigen zweiteiligen Artikel, den Sie unter [2] herunterladen können und auch auf der Elektor 80er DVD [3] finden.

Disco, Disco...

Ich war sehr stolz, als dann endlich die Mai-Ausgabe 1986 an den Kiosken auslag. Das schöne 80er-Jahre-Titelbild (**erste Seite**) brachte den Gigant als Aufmacher und ich konnte damit bei meinen Kommilitonen ganz schön Eindruck schinden ;-).

Der originale Artikel geht sehr genau auf den Aufbau ein und beschäftigt sich nicht nur mit dem Netzteil und den Schutzschaltungen, sondern auch mit der Mechanik. Die **Bilder 2a** und **2b** zeigen sogar Skizzen einmal mit passiver und einmal mit aktiver Kühlung. Apropos Schutzschaltung: Notwendig war nicht nur eine verzögerte Anschaltung der Lautsprecher, denn der Einschalt-Plopp einer 1-kW -Endstufe kann durchaus gewaltig sein, sondern auch eine sanfte Anschaltung der Netztrafos. Bei einem Anschlusswert von immerhin 1.500 VA kann es nämlich immer mal passieren, dass die Trafos zufällig in der Nähe des Nulldurchgangs eingeschaltet werden. Dann geraten die Kerne in die Sättigung und die Netzsicherung fliegt raus. Auch der Strom zum Laden der Batterie an großen Siebelkos konnte durchaus den Weg zum Sicherungskasten notwendig machen. Soweit so gut. Das Kilowatt HiFi sorgte für ordentlich Resonanz.

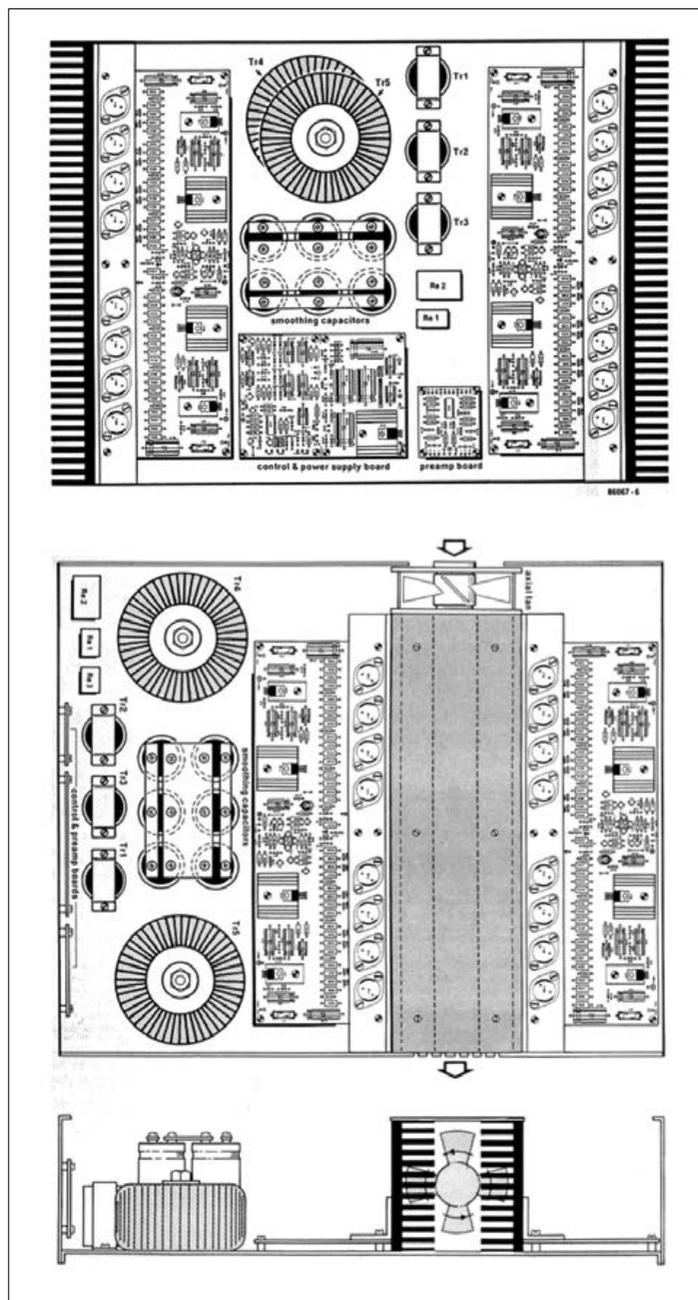


Bild 2. Aufbauskizze für passive Kühlung (2a) und aktive Kühlung mit Lüfter (2b).

Sogar die Zeitschrift „Elektronik“ berichtete in ihrer Mai-Ausgabe 1986 über dieses Projekt [4], ganz im Rahmen des Hefthemas „Leistungselektronik“. Ich selbst baute mir je ein Exemplar in monströse HiFi-Boxen mit einem Gewicht von über 70 kg ein, die mich die nächsten zehn Jahre bei diversen Umzügen zur Verzweiflung trieben, bis sie dann zu einem guten Preis verkauft wurden, da ihr „woman acceptance factor“ doch sehr zu wünschen übrig ließ.

Immer mal wieder stellte sich mir die Frage, wer eigentlich wozu solch große Endstufen baut. Eine Antwort erhielt ich vom Freund meines kleinen Bruders Bernd Engist, der damals im Begriff war, Elektronik-Ingenieur zu werden. Er war „natürlich“ seit seiner Pubertät begeisterter Elektor-Leser und hat eine benachbarte Diskothek mit zwei Exemplaren des Gigants ausgestattet. Er erzählte mir von seinen Abenteuern damit, von stundenlanger Überlastung, Anschlussfehlern und durchgebrannten Endtransistoren und auch davon, dass er schon in einigen anderen Diskotheken einen Gigant erspäht hätte. Wer einen musikalischen Eindruck von der damaligen Zeit mit Schulterpolstern und Vokuhilas haben möchte, der höre kurz in den repräsentativen Teaser von [5] hinein.

Wiedersehen

Eigentlich hatte ich diese Geschichte fast vergessen, als ich vor vier Jahren anlässlich des erwähnten „Wheelie-Treffens“ vor Günter in seiner Werkstatt stand. Es hatte ihn schon seit Tagen umgetrieben, mir „seinen“ Gigant zu zeigen. Da stand er nun. Und ich war beeindruckt. Er hatte die originale Patina aus den 80er Jahren. Die **Bilder 3a** und **3b** zeigen die Front und die offene Ansicht von oben. Man ahnt, dass schon Abertausende zu den Songs aus diesem Verstärker getanzt haben.

Günter ist Meister im Bereich Radio- und Fernsehtechnik und hatte damals eine eigene Werkstatt, in der er Elektronik für die Industrie entwickelte. 1986 war er noch ziemlich jung und sofort fasziniert, als er in Elektor den Gigant erblickte. Voller Elan machte er sich ans Ätzen der Platinen und baute den Verstärker in einer Version mit 2 x 500 W und passiver Kühlung, der natürlich auch gebrückt werden konnte. Zusammen mit Freunden organisierte er damals etliche Disko-Veranstaltungen in den Stadthallen der Umgebung oder bei Festen auf dem Land, mit Lichtorgel, Spiegelkugel und Stroboskop. Damit beserte sich sein damals noch schmales Gehalt als Lehrling auf. Laut Günter hat sich sein Gigant trotz des eher rauen mobilen Betriebs ganz ordentlich gehalten. Das freut mich! ◀

(150738)

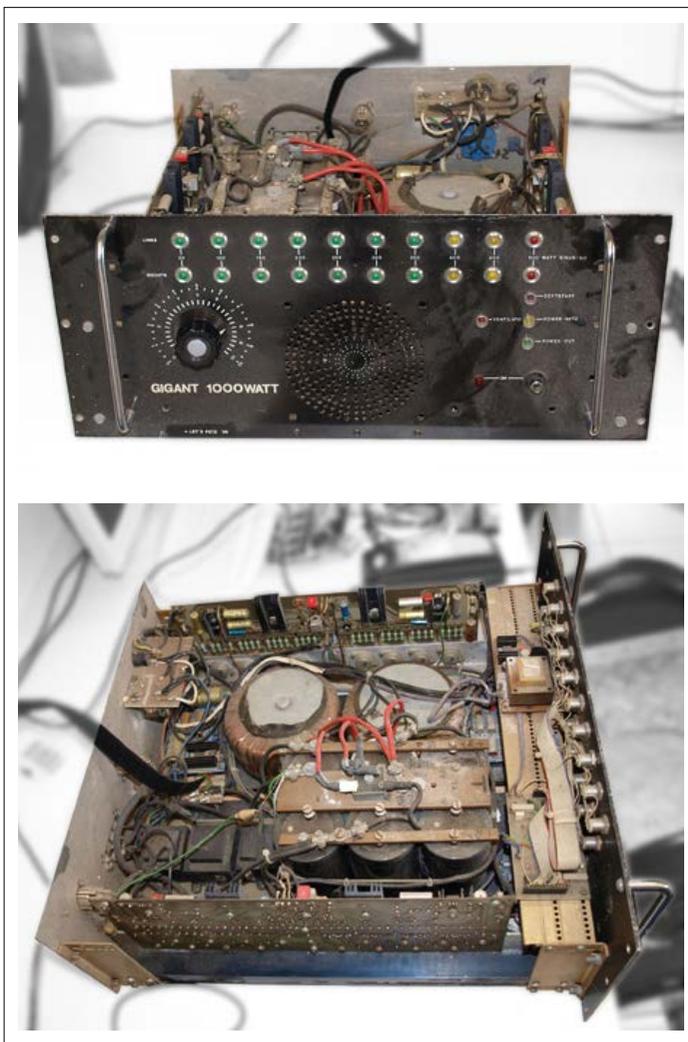


Bild 3. Frontansicht (3a) des Gigants von Günter Gerold mit Patina von Jahrzehnten. Seine mobile Disko firmierte unter der bezeichnenden Bezeichnung „LET'S FETZ“ ;-). Von oben (3b) sieht man, dass Schwaden von mit abertausenden Zigaretten angereicherter Luft durch das Verstärkergehäuse geblasen wurden.

EST[®] 2004

www.elektor.tv



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

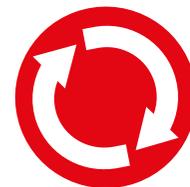
Beiträge, Vorschläge und Anfragen telegrafieren Sie bitte an Jan Buiting (editor@elektor.com).

Weblinks & Referenzen:

- [1] Elektor SC/MP-Computer (1978), Retronik April 2005, www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200504/2097
- [2] „Gigant“, Elektor Mai 1986, S. 32...37, Gratis-Download www.elektormagazine.de/150738
- [3] Elektor 1980-1989 auf DVD: www.elektor.de/80-89
- [4] „Ein Kilowatt HiFi“, Elektronik 11/1986, S. 213
- [5] „I Feel Love“ von Donna Summer, <https://goo.gl/XKMaeK>

Projekt 2.0

Korrekturen, Updates, Leserbriefe



Platino-Lötkolben

Elektor 07/2015, S. 94 (140107)

Meine Lötstation ist nun rund ein halbes Jahr in Betrieb und ich bin wirklich sehr angetan davon. Für alle, die die Lötstation nachbauen möchten, habe ich eine Warnung, außerdem noch Verbesserungsvorschläge.

Ich habe einen 50-VA-Ringkerntrafo mit Gleichrichterdiode als Stromversorgung verwendet. Alles funktionierte zuerst gut, aber dann wurde eine Lötspitze von Weller wegen eines Fehlers im Klinckenstecker zerstört. Es zeigte sich, dass die meisten Stereo-Stecker des im Artikel abgebildeten Typs zwei stabile mechanische Positionen aufweisen, wenn sie eingesteckt werden. Die falsche Position schließt das Heizelement mit dem Thermoelement kurz. Wenn der Strom eingeschaltet wird, brennt das Thermoelement in Sekundenbruchteilen durch.

Der Klinckenstecker der Lötspitze muss also immer im ausgeschalteten Zustand vollständig eingesteckt werden. Erst dann darf die Lötstation eingeschaltet werden. Auch beim Ausziehen des Steckers gibt es kurzfristig einen Kurzschluss zwischen Thermofühler und Heizelement. Von vier verschiedenen Buchsen-Modellen verursachte nur eine viereckige Buchse diesen Kurzschluss nicht, man kann sie verwenden, sie sieht aber nicht schön aus.

Mein erster Verbesserungsvorschlag ist, eine Erdungsanbindung vorzusehen, um die äußere Hülle der Lötspitze mit der Erde des Werkstücks zu verbinden, durch einen Draht oder ein Krokodilklemmenkabel. Nicht alle Netzteile und alle Haus-Installationen haben eine Schutz Erde und es gibt genügend Leckstrom, um empfindliche Halbleiter zu killen. Eine fehlende Masseverbindung hat mich bereits vor gut einem Jahr einen schönen Mikrocontroller gekostet, allerdings bei der Arbeit mit einer anderen Lötstation.

Der andere Vorschlag ist eine Komfort-Funktion: Wenn die Lötstation mit der Timerfunktion arbeitet, ist es hilfreich zu wissen, wenn der Timer ausläuft, ohne dass man auf die Station schauen muss oder an der Lötspitze fühlen. Man könnte einen Piezo-Lautsprecher parallel zum Heiz-



element schalten. Dann hört man, wenn der Timer ausläuft. Die Größe und die Lautstärke ist Geschmacksache und könnte experimentell ermittelt werden. Wenn der LötKolben die richtige Temperatur hat, zwitschert der Piezo leise, wenn er in der Aufheiz-Phase ist, ist er lauter.

Siv Evert Olsson, Schweden

Danke für Ihren wichtigen Hinweis! Die Rastkraft ist bei einigen Klinkenbuchsen in der Tat nicht sehr groß. Hier könnte man auch die vorhandene Buchse verwenden, den Stecker im stromlosen Zustand ganz einstecken und das Ganze mit einem Stück selbstverklebendem Schrumpfschlauch fixieren.

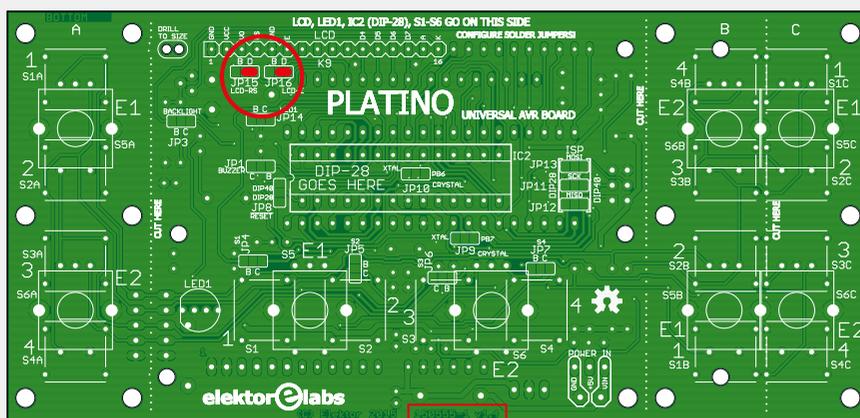
Vielen Dank auch für Ihre Verbesserungsvorschläge. Die akustische Rückmeldung erinnert mich an die WTCP-Lötstation von Weller, bei der man das Klacken des LötKolbens hörte. Die Temperaturregelung funktionierte nach dem Magnostat-Prinzip, mit einem ferromagnetischen Plättchen am Ende der Lötspitze, welche bei Nenntemperatur entmagnetisierte und so einen Magneten im LötKolben freigab. Dabei wurden Funkstörungen vom Feinsten erzeugt; ein super EMV-Nahfeld-Test am Arbeitsplatz (Weblink: www.berel-am-ries.de/WVSS/Arbeitsvorlagen/Weller_Loetstation.htm).

Ralf Schmiedel, Elektor Leserservice

Platino, die Rückkehr

Elektor 03/2016, S. 50 (150555)

Platino-Boards mit einer Versionsnummer von 1.4 oder höher haben zwei zusätzliche Löt-Jumper, die nicht in den Artikeln zu den Projekten beschrieben werden, die mit älteren Platino-Versionen entwickelt wurden (Version 1.3 oder niedriger). Um die Kompatibilität zwischen den alten und den neuen Platino-Versionen sicherzustellen, müssen die Jumper JP15 und JP16 auf die Position „D“ gesetzt werden. Außerdem hat die Platine 1.4 eine zusätzliche Diode D1 (1N5817), die eingelötet werden muss, wenn das Board durch ein FTDI-Kabel gespeist wird. Ein neuer Platino hat die Produktnummer 150555 aufgedruckt, ein alter Platino hat die Produktnummer 100892.



Es werde LED!

Elektor 01/2016, S. 10 (150577)

Im Artikel zur LED-Beleuchtung wird R_a als Maß für die Farbwiedergabe erwähnt. In meiner (zugegeben inoffiziellen) Lesart steht „ R_a “ für VerRarschung, die hauptsächlich dazu dient, durch das Weglassen von fast der Hälfte der Farben der Testtafel nach DIN 6169 minderwertige Leuchtmittel mit hohen Zahlenwerten schmücken zu können. Zwei Vorschläge dazu:

1. Wenn das drucktechnisch möglich ist, könnten Sie die genannte Testtafel einmal entsprechend kommentiert abdrucken (könnte man dann laminieren und mit zum Einkaufen nehmen).
 2. Mein Lieblingshack zum Thema: Aus einer leeren Eisschachtel und einer alten CD ein „Müllspektroskop“ bauen. Es ist kein Präzisionsinstrument, liefert aber einen guten ersten Eindruck und ermöglicht es zum Beispiel, LED- von Quecksilberdampfleuchten schon auf Distanz zu unterscheiden (kann man auch mit in den Baumarkt nehmen).
- Bis dahin würde ich empfehlen, von Leuchtmitteln, bei denen statt des CRI (oder CQS) nur R_a angegeben ist, möglichst die Finger zu lassen. ◀

Jürgen Friker



(150773)

Zusammengestellt von **Robert van der Zwan**

Viele Messe-Neuigkeiten

Natürlich, auch Elektor war auf der Embedded World 2016 in Nürnberg. Die Messe war ein voller Erfolg. Bei 939 ausstellenden Unternehmen (4 % mehr als 2015), war es nicht leicht, den Überblick zu behalten. Lohn der Anstrengungen ist eine Vielzahl interessanter Neuigkeiten! Unser Team sprach mit mindestens 100 Vertretern verschiedener großer und kleiner Unternehmen. Diesen neuen Schatz an Infos wollen wir in den nächsten Monaten mit Ihnen auswerten.



Embedded Linux im Kommen



Und was hat das Elektor-Team auf der Embedded World 2016 von Elektor-Lesern gehört? Unter anderem: Es wäre doch schön, wenn wir Embedded Linux ein wenig mehr Aufmerksamkeit widmen könnten. Nun, Benedikt Sauer war auch auf der Embedded präsent. Er zeigte uns eine neue Version seines Linux-Boards. Das Board demonstriert perfekt, wie man Embedded Linux implementieren kann. Und ja, Benedikt will sein Wissen mit uns und Ihnen teilen. Fortsetzung folgt...

READ ONLY MEMORY

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

Kennen Sie den Düsseldorfer Fernsehturm mit seinen vertikal angeordneten 39 Bullaugen, die eine ganz besondere Dezimaluhr darstellen? Um 23.59.59 Uhr sind alle Bullaugen beleuchtet, Schlag Mitternacht (00.00.00 Uhr) werden alle Lichter gelöscht und ein neuer 24-Stunden-Zyklus gestartet. Um eine Rheinturmuhren „en miniature“ mit LEDs zu bauen, gab es in Elektor Januar 2000 nicht nur Schaltpläne, sondern auch eine Platine, die wie ihr großes Vorbild geformt war.



Das Handy macht den Unterschied

Elektorethics von Tessel Renzenbrink

Das Fairphone 2 ist das erste modulare Mobiltelefon der Welt - es erhielt eine 10/10-Bewertung auf der Reparatur-Website iFixit und besitzt einen USB-Erweiterungsanschluss. Beides trägt zur Kernaufgabe des Fairphone-Projekts bei: Sensibilisierung für die Ethik in der Elektronik durch „faire“ Geräte. Die Wertschöpfungskette der Elektronikindustrie ist ein globales, komplexes Netzwerk. Dabei gibt es kritische ökologische, soziale und wirtschaftliche Fragen, wie zum Beispiel die Nutzung der natürlichen Ressourcen und die Verletzung von Arbeitnehmerrechten. Das „Social Enterprise“-Unternehmen will mit dem Fairphone die verborgene Welt hinter unseren elektronischen Geräten transparent machen.



Drei Aspekte

„Bei einem ‚fairen‘ Telefon schauen wir nach drei Aspekten: der Wertschöpfungskette, der wirklichen Verfügbarkeit des Geräts für den Nutzer und dem Abfallmanagement“, sagt Douwe Schmidt, Community-Manager bei Fairphone. „Das Design des Fairphone 2 berücksichtigt diese drei Aspekte. Das erste Fairphone wurde nicht von unserer Firma selbst entworfen, es war ein Massenware-Gerät mit einigen Modifikationen. Aber die zweite Ausgabe des Fairphones

ist unser eigenes Design. Wir entschieden uns dazu, weil es uns ein besseres Verständnis der Wertschöpfungskette gibt. Wir müssen Händler und Hersteller finden und mit ihnen zusammenarbeiten. Das gibt uns einen Einblick in ihre Arbeitsweisen und versetzt uns in eine bessere Position, um ihre Prozesse zu beeinflussen. In diesem Sinne ist die Entwicklung des Telefons ein Ausgangspunkt.“ „Ein weiterer Vorteil der Entwicklung unseres eigenen Produkts ist, dass wir ein modulares Telefon anbieten können. Die modulare Architektur ermöglicht es Benutzern, ihre eigenen Geräte zu reparieren, so dass sie ein Gefühl des ‚Besitzes‘ erhalten. Und

PEOPLE NEWS • René Bohne von der RWTH Aachen wird Elektor bei der Erstellung von neuem Lehrmaterial Gazi Akdag will in Istanbul für noch mehr Mitglieder in der Türkei sorgen • Yoshihiro Tsuboi aus Tokio japanischen Elektor-Ausgabe bekannt zu machen • Zahlreiche Antworten in der Mailbox von Julia auf der Embedded World 2016 ausgewählten Kunden darbot, wirklich gut mundete.

schließlich trägt das Design dazu bei, E-Müll zu reduzieren. Wir können eine End-of-Life-Strategie zu Beginn des Produktlebenszyklus implementieren, indem wir die Geräte so gestalten, dass ihre Bestandteile leichter zu demontieren und zu recyceln sind.“

Lesen Sie das gesamte Interview unter www.elektormagazine.com/news/fairphone-2-fixing-your-phone-to-make-a-difference.



für Studenten des Electronic Engineering beraten • sondiert die Möglichkeiten, Red Pitaya in der neuen Grotenrath deuten darauf hin, dass ihr Kuchen, den sie

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: **Oscar Mario Cipolla**

Alter: **53**

Ausbildung: **Diplom
Elektronikentwicklungs-Ingenieur**

Professionelle Interessen:
**Audiodesign mit Halbleitern und
Röhren**



Wer ist Oscar Mario Cipolla?

Ich liebe den Klang der Röhren, seit ich fünf Jahre alt bin. Im Audio-Labor meines Vaters lernte ich den Umgang mit Röhren- und Halbleiterverstärkern, ECC83, EL84, 807, EL34 ... Im Alter von zehn Jahren habe ich meinen ersten Stereo-Audio-Verstärker umgebaut, ein Modell aus den 50er Jahren mit dem Namen „Geloso“. Nach vielen Jahren des Baus und der Feinabstimmung von High-End-Verstärkern und Lautsprechern habe ich beschlossen, meine eigene Firma zu gründen.

Was wird die wichtigste Elektronik-Entwicklung in den nächsten Jahren?

Wir stehen am Anfang des Zeitalters des IoT. Es ist erstaunlich, alles mit dem Smartphone verwalten zu können. Die andere gute Nachricht ist, dass in den USA das gute alte Vinyl der Musikindustrie einen neuen Wachstumsimpuls gibt. Digital ist perfekt, aber analog ist noch besser!

Was unterscheidet ihr Land von den USA in Hinsicht auf Elektronik-Innovationen?

Italien ist das Land der Dichter und Erfinder. In der Elektronik brachten wir der Welt viele wichtige Innovationen. Aber wir haben nicht die Kraft, unsere Industrie zu unterstützen. Arduino ist dafür ein perfektes Beispiel. Arduino war in Italien kaum bekannt vor seinem Durchbruch in den USA und Großbritannien.

Auf welches Projekt sind sie am meisten stolz und warum?

Nun, mein Meisterwerk ist meine Tochter Sofia - sie ist jetzt 26 Jahre alt. Die anderen Projekte sind auch gut, etwa eine mit Röhren bestückte Line-Signal-Pufferplatine, die sicherstellt, dass auch der CD-Player einen warmen Klang erzeugt.

Was hoffen Sie, in den nächsten fünf Jahren zu erreichen?

Wir arbeiten an einem sehr hochwertigen Projekt namens „The Colombo's Egg“. Raspberry Pi ist ein Beispiel dafür, was ich damit erreichen möchte.

Angenommen, Sie erhalten 500 \$, um im Elektor Shop einzukaufen. Was würden Sie wählen?

Ich würde ein komplettes Red-Pitaya-Set einschließlich der Pro-Apps und des Impedanz-Analysator-Boards kaufen. Ich bin süchtig nach Audio-Equipment und Red Pitaya ist die beste Lösung für ein einfaches und portables Messgerät. Das Remote-Interface macht Red Pitaya wirklich intelligent und einzigartig. ◀

(150778)

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker

Beinahe ist schon Sommer. Entspannt mit einem leckeren Getränk in der Sonne (oder im Schatten) sitzen, das ist das Gebot der Stunde. Wenn man jetzt noch ein kleines Rätsel zum Zeitvertreib hätte? Ihnen kann geholfen werden! Hier kommt wieder unser monatliches Hexadoku, bei dem es wie immer auch etwas zu gewinnen gibt. Machen Sie mit, hier warten schon Elektor-Gutscheine!

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
Kackertst. 10
52072 Aachen

Fax: 0241 / 955 09-013

E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 31. Mai 2016.

Die Gewinner des Hexadokus aus der März-Ausgabe stehen fest!

Die richtige Lösung ist: **91E43**

Einen Elektor-Wertgutschein über je 50 € haben gewonnen: Martin Sommer, Yves Masquelier und Michael Baldus.

Herzlichen Glückwunsch!

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

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

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

LEARN

DESIGN

SHARE

elektor●PCB Service

Powered by

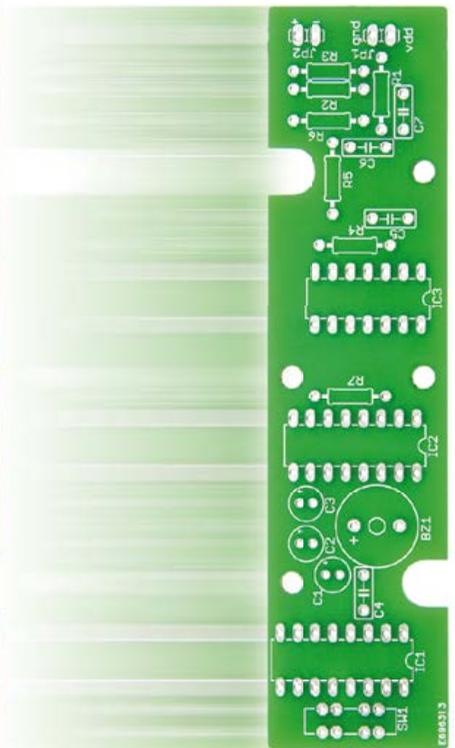
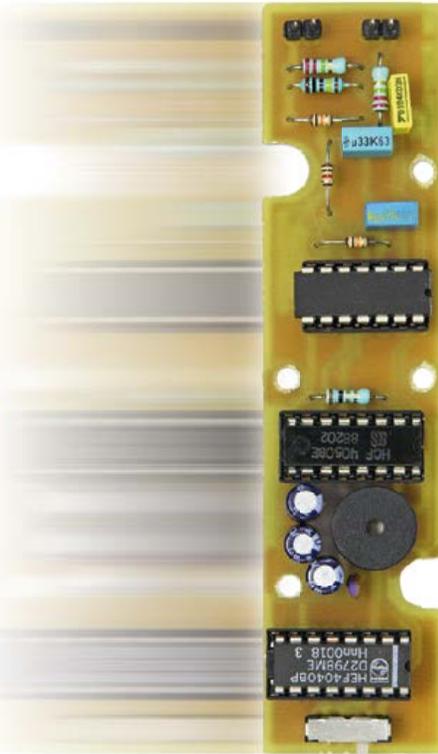
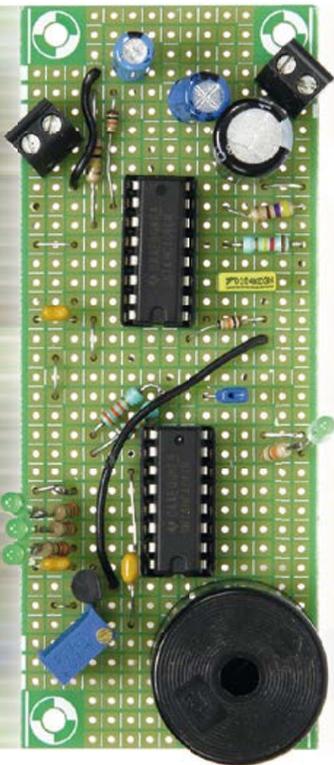


Platinen – Prototypen – Multilayer – Kleinserien

➔ **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- μ m-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

- mehr als 50.000 Artikel aus Elektronik & IT
- über 1.480 Seiten
- mehr als 5.000 Neuheiten

Der Neue ist da!



Katalog 06|2016

gleich online blättern

<http://rch.lt/eM>

kostenlos anfordern!



UNI-T®

AC/DC-Spannungsprüfer LCD-Anzeige, RCD-Test



- AC/DC-Spannungstest 0 - 690 V
- Drehfeldprüfung
- zwei- und einpoliger Spannungstest
- Durchgangstest
- zuschaltbares LED-Arbeitslicht
- Schutzart: IP65

UT 18D
39,95

USB-Datenlogger für Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck



- Erfassung über interne Sensoren
- Messwertspeicher für bis zu 60.000 Messwerte
- Messintervall 1 s bis 6 h einstellbar
- IP67: staub- und wassergeschützt
- programmierbarer Alarm
- Software inklusive Datenanalysefunktionen

UT 330C
69,90

JETZT ABONNIEREN!

Newsletter

Abonnieren und profitieren

- ✓ Neuheiten
- ✓ beste Angebote
- ✓ Preisreduzierungen



reichelt.de
 @reichelt_el
 google.com/+reichelt



EN 61010-1
CAT III
600 V

TRMS Digital-Multimeter

Zuverlässigkeit, modernes Design, Benutzerfreundlichkeit und umfangreiche Funktionalität in einem Multimeter!

UNI-T®

- Anzeige: LCD, 6000 Counts
- Grundgenauigkeit: 0,1%
- True RMS-Messung (Echteeffektivwert)
- AC/DC Strom- und Spannungsmessung bis 10 A / 600 V
- Widerstandsmessung bis 60 MOhm
- Kapazitäts-/Temperatur-/ Frequenzmessung
- berührungslose Spannungsprüfung
- automatische Bereichswahl

UT 139C
49,95



Professionelles Digital-Multimeter mit Bluetooth

- Anzeige: EBTN, 60.000 Counts
- Grundgenauigkeit: 0,01%
- True RMS-Messung (Echteeffektivwert)
- Varied Frequency (VFD), Loop, LoZ (ACV)
- Diodentest, Durchgangsprüfung
- Duty Cycle, Data-Hold, MAX-/MIN-Messung, REL-Messung
- Datenspeicher für 9999 Werte
- berührungslose Spannungsprüfung
- Konnektivitätsalarm

EN 61010-1
CAT III
1000 V

EN 61010-1
CAT IV
600 V

UT 171B
229,00

Digital-Speicher-Oszilloskop

- Display: 7", Full-Color-LCD, 400 x 240 Pixel
- 2 Kanäle / 25 MHz / 250 MS/s
- Anstiegszeit: <14 ns
- vertikale Empfindlichkeit: 1 mV/div - 20 V/div
- horizontale Zeitbasis: 10 ns/div - 50 s/div
- Trigger-Arten: Flanke, Pulsbreite, alternierend
- Schnittstellen: USB OTG, Pass/Fail

UNI-T®

UTD 2025 CL
229,00



Jetzt bestellen! www.reichelt.de

Bestell-Hotline: +49 (0)4422 955-333

Tagespreise! Preisstand: 29. 3. 2016

Preise in € inkl. gesetzl. MwSt., zzgl. Versandkosten
reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (D)