

# Radio-Multitalent – AM/FM-RDS-Empfänger Si4735

Ein kompletter Breitband-Rundfunkempfänger in einem winzigen Chip – der Si4735 von Silicon Labs ist ein herausragendes Beispiel für die heute mögliche Integration ganzer Gerätedesigns, die kaum noch eine Außenbeschaltung erfordern. Der Si4735 enthält einen kompletten Radioempfänger für die AM-Bereiche Langwelle, Mittelwelle und Kurzwelle sowie einen FM-UKW-Stereo-Empfänger mit RDS. Die Steuerung des Winzlings erfolgt über einen zugeordneten Mikrocontroller oder als echtes SDR-Radio per PC.

## Komplettes Radio auf 3 x 3 mm

Mehr oder weniger komplette Radios auf einem Chip gibt es schon viele Jahre, früher waren es z. B. die mit der Typenbezeichnung TDA xxxx. Doch die Ansprüche an die Komplexität, die kostengünstige Massenfertigung von Radioempfängern und die einfache Integration als „Nebenfunktion“ z. B. in Handys erforderten neue Konzepte.

Schon rein platzmäßig und auch vom Fertigungsaufwand (Abgleich) her war es erforderlich, zu digitalen Konzepten zu wechseln. So entstand Ende der 1990er

Jahre die Klasse der SDR-Chips. SDR heißt Software Defined Radio und kennzeichnet das Arbeitsprinzip der modernen Radiochips: Sie kommen als Mixed-Signal-Konzepte daher, die sowohl alle analogen Empfänger-

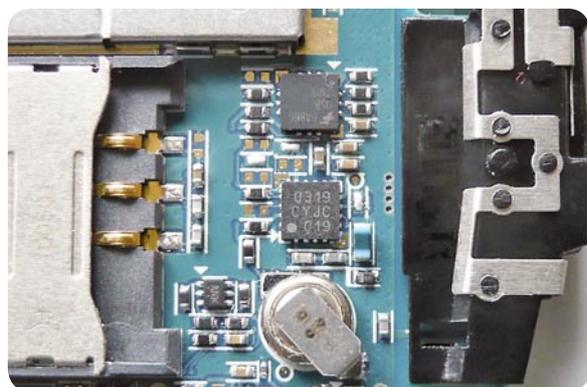


Bild 1: Einsatz des Si4703 in einem älteren Handy (Samsung C3050). Man erkennt hier die minimale Außenbeschaltung, als Antenne dient die Zuleitung des Headsets.

Empfangsfrequenzen:	FM: 64–108 MHz LW: 153–279 kHz MW: 520–1710 kHz KW: 2,3–26,1 MHz
Steuerungs-Interface:	serieller Port: 2-wire (I <sup>2</sup> C), 3-wire, SPI
Betriebsspannung:	2,7–5,5 V (3,3 V empfohlen, siehe Text)
Gehäuse:	QFN (3 x 3 mm), SSOP (3,9 x 8,65 mm)

komponenten als auch alle digitalen Interfaces für die interne digitale Signalverarbeitung (DSP) enthalten, die zur externen Steuerung per Software erforderlich sind. Dabei spielt die programmierbare Hardware des DSPs eine wesentliche Rolle, denn durch sie und das anhängende Interface wird das SDR-Prinzip so flexibel.

Die Steuerung wird bei Stand-alone-Geräten von einem Mikrocontroller erledigt, der die gesamte Gerätesteuerung übernimmt oder aber allein dem Radiochip zugeordnet ist. Dieses Konzept ist mit äußerster geringem weiteren Bauelemente-Aufwand realisierbar. Bild 1 zeigt den typischen Einsatz eines solchen Chips, hier des reinen FM-Empfängers Si4703, in einem Handy. Mehr als der wenigen peripheren Bauteile, die hier zu sehen sind, bedarf es tatsächlich nicht. So verwundert es auch nicht, dass ein Radio aus der Massenproduktion schon komplett für unter 15 Euro verkauft werden kann. So findet man z. B. den FM-Chip Si4731 oft in digitalen Küchenradios, die immerhin schon bis zu 64 Senderspeicher, RDS und weitere Komfortfunktionen aufweisen – alles per Software implementiert. Der steuernde Mikrocontroller übernimmt, bei dieser Art von Geräten typisch, auch die Verwaltung der Bedienelemente und die Displaysteuerung.

Ganz ähnliche Konzepte findet man in vielen kleinen Weltempfängern, die, extrem günstig angeboten,

besonders für die dritte Welt produziert werden, um den Menschen dort preiswerten Zugang zum Massenmedium Radio zu verschaffen.

Erst kürzlich vermeldete Silicon Labs die Auslieferung der ersten Milliarde der Empfängerchips der Serie 47xx. Die Chips findet man in allen Arten von Radios, vom Küchenradio über die kompakten Unterputz-Badradios, Autoradios (hier gibt es eine spezielle Serie bei Silicon Labs), in Handys, Mediaplayern, mobilen und stationären Radios, wie z. B. den modernen Multitunern, die UKW genauso können wie DAB+ und Internet-Radio.

Was bei Silicon Labs einst mit einem reinen und einfachen UKW-Empfängerchip begann, setzte sich im Laufe der Jahre dann in einer ganzen Reihe von an verschiedene Aufgaben angepassten Chips fort [1]. So gibt es neben reinen FM-Empfängern eine Multi-Band-Empfänger-Reihe mit verschiedensten Ausstattungen, reine RDS-Datenempfänger oder, wie erwähnt, Empfängerchips speziell für Autoradios. Mit einer noch ganz neuen Reihe, der 48xx-Serie, kehrt man wieder zu den Wurzeln zurück – hier kann man den Sender (auch) wieder mit einem simplen Drehknopf wählen. Damit kann man je nach Bedarf eine rein mechanische Skala oder ein Anzeigedisplay einsetzen.

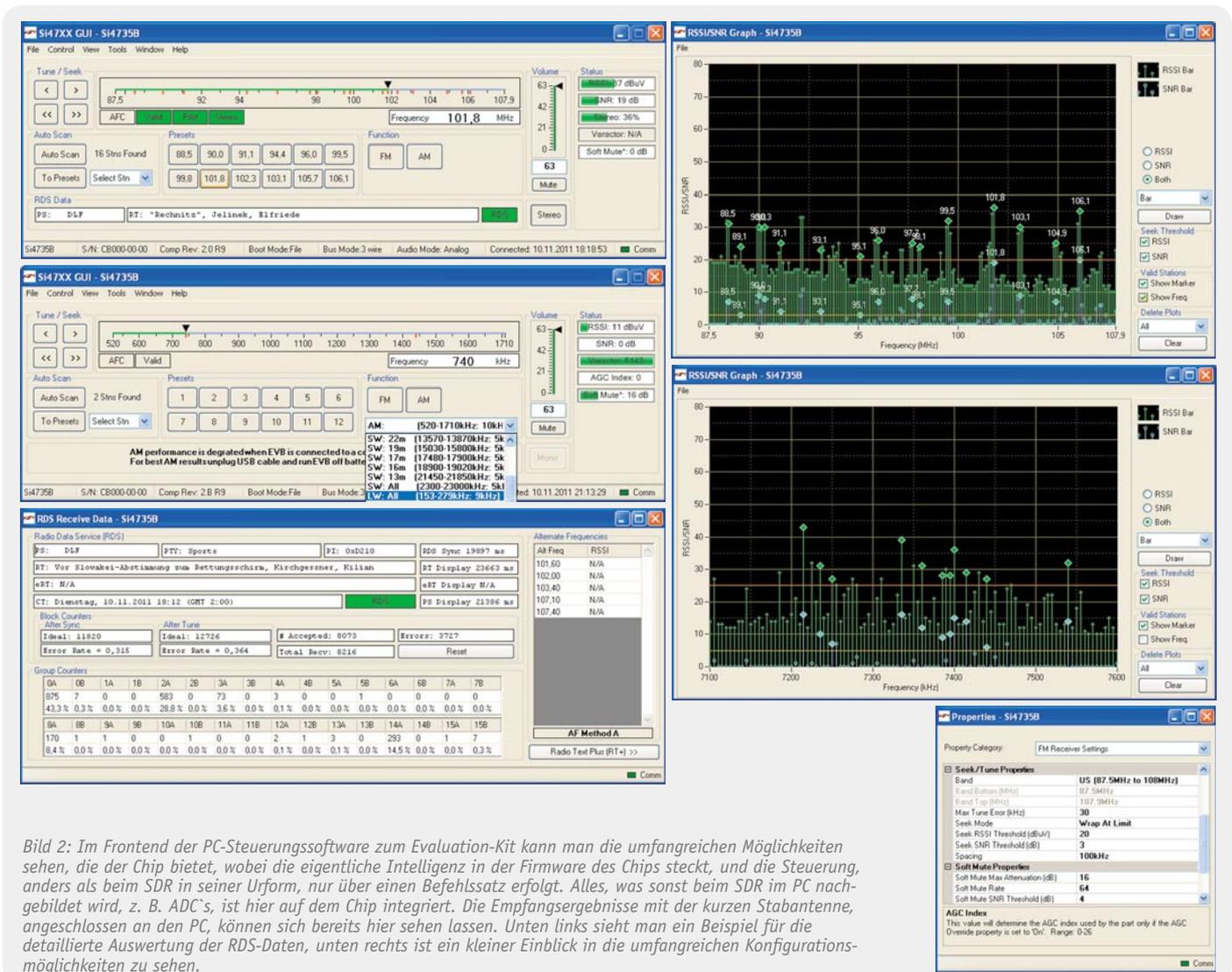


Bild 2: Im Frontend der PC-Steuerungssoftware zum Evaluation-Kit kann man die umfangreichen Möglichkeiten sehen, die der Chip bietet, wobei die eigentliche Intelligenz in der Firmware des Chips steckt, und die Steuerung, anders als beim SDR in seiner Urform, nur über einen Befehlssatz erfolgt. Alles, was sonst beim SDR im PC nachgebildet wird, z. B. ADC's, ist hier auf dem Chip integriert. Die Empfangsergebnisse mit der kurzen Stabantenne, angeschlossen an den PC, können sich bereits hier sehen lassen. Unten links sieht man ein Beispiel für die detaillierte Auswertung der RDS-Daten, unten rechts ist ein kleiner Einblick in die umfangreichen Konfigurationsmöglichkeiten zu sehen.

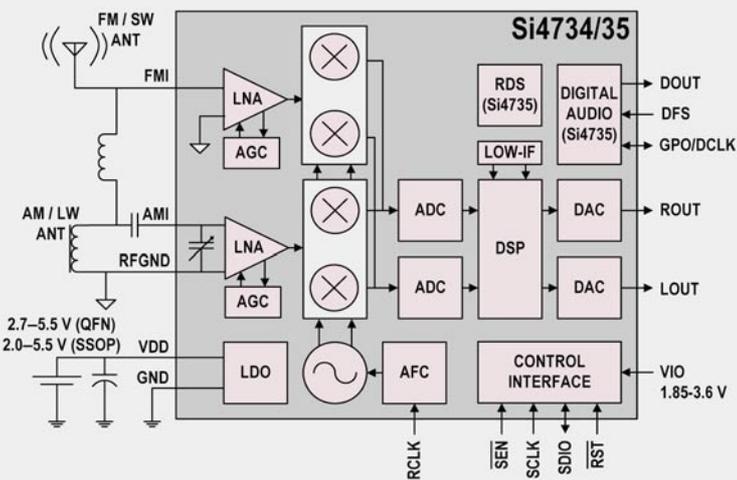


Bild 3: Das Blockschaltbild des Si4735 mit der grundsätzlichen Antennenbeschaltung

## SDR am PC

Das zweite Einsatzkonzept, und eigentlich noch näher am ursprünglichen SDR-Prinzip, ist die Steuerung von einem PC aus via USB-Interface. Dabei übernimmt eine PC-Bedienoberfläche – Bild 2 zeigt die des Evaluation-Kits zum Si4735 – die Frontend-Funktion. Hiermit wird die Radio-Hardware dann zum echten SDR. Wie einfach ein solches Konzept auch im Eigenbau und mit eigener Software zu verwirklichen ist, zeigt z. B. Burkhard Kainka in [2]. Ein hervorragender Ausgangspunkt zu vielen weiteren Informationen und realisierten Empfängerkonzepten ist auch Burkhard Kainkas Homepage [3]. Hier findet man u. a. auch Hörberichte von Anwendern des Empfängerkonzepts sowie Vorschläge zur Antennentechnik.

Wir wollen an dieser Stelle den wohl derzeit am weitesten verbreiteten Empfängerschaltkreis der Serie, den Si4735, nebst einigen Eigenbau-Applikationen näher vorstellen.

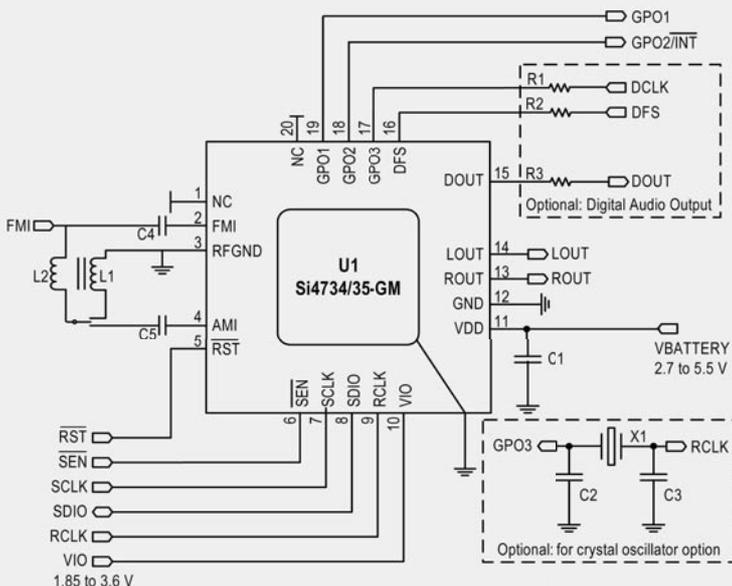


Bild 4: Die Applikationsschaltung des Si4735 im QFN-Gehäuse mit den optionalen Beschaltungen für externen Taktquarz und digitalen Audioausgang

## Si4735 inside

Bild 3 zeigt das Blockschaltbild des Si4735. Der Empfangsteil besteht aus einer digitalen Low-IF-Struktur mit einem Image-Reject-Mixer, der mit einem Mehrphasen-Local-Oszillator zusammenarbeitet. Diese Mischerart sticht unter anderem durch eine sehr hohe Spiegelfrequenzunterdrückung hervor.

Das Low-IF-Prinzip kommt der digitalen Signalverarbeitung entgegen, da hier lediglich Frequenzen verarbeitet werden, die mit RC-Filteranordnungen beherrschbar sind.

Eine wirkungsvolle AGC (Automatic Gain-Control) verhindert Störungen durch starke Sender (hierdurch erlangt der Empfänger eine hohe Großsignalfestigkeit) und regelt die Empfindlichkeit des extrem rauscharmen HF-Verstärkers (LNA), der auf den jeweils zu verarbeitenden Frequenzbereich für FM und AM zugeschnitten ist. Die Abstimmung erfolgt digital in 10-kHz-Schritten bei FM und 1-kHz-Schritten bei AM. Das phasenverschobene Ausgangssignal des Mixers gelangt auf einen hoch auflösenden ADC, der das ZF-Signal digitalisiert und an den DSP weitergibt.

Der DSP-Teil verfügt über vielfältige Filter- und Demodulationsmöglichkeiten, so sind verschiedene Deemphasis-Einstellungen ebenso möglich wie die Einstellung der AM-Bandbreite. Hier ist auch der Stereo-Decoder mit Stereo-Mono-Überblendung untergebracht. Ein hochwertiger DAC sorgt für die Stereo-Audio-Ausgabe. Hier ist eine Mute-Funktion ebenso verfügbar wie eine interne Lautstärkeeinstellung. Schließlich enthält der Mini-Chip auch einen kompletten RDS-/RBDS-Prozessor, der eine komplette RDS-Auswertung ausgibt, wie man in Bild 2 sehen kann.

Die gesamte Steuerung des DSPs erfolgt über eine serielle Schnittstelle mit drei möglichen Modi und mit einem vom Hersteller offen gelegten Kommandosatz, der es jedem Entwickler ermöglicht, seine eigene Applikation, ob nun rein softwarebasiert per PC-Frontend oder per eigenem Mikrocontroller, rund um den Si4735 zu „bauen“. Hauptsächlich wird hier in der Praxis der 2-Wire-Mode, mit I<sup>2</sup>C als Protokoll, zum Einsatz kommen. Der verfügbare 3-Wire-Mode ist hauptsächlich als Downgrade zu Vorgängermodellen des Chips implementiert.

Insgesamt verfügt der Kommandosatz über 42 Bedienbefehle und Einstellungen, die im Datenblatt detailliert aufgeführt sind und deren Einsatz in der Appli-

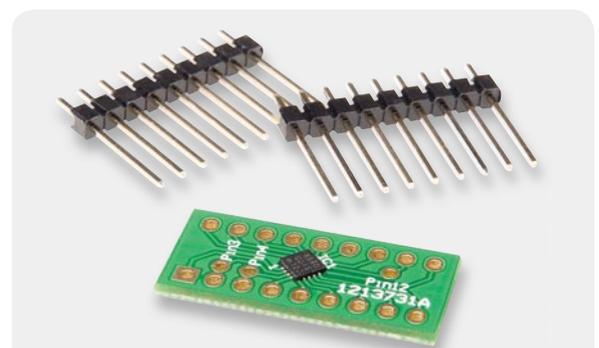


Bild 5: Der kleine Bausatz mit der Adapterplatine mit bereits bestücktem Si4735

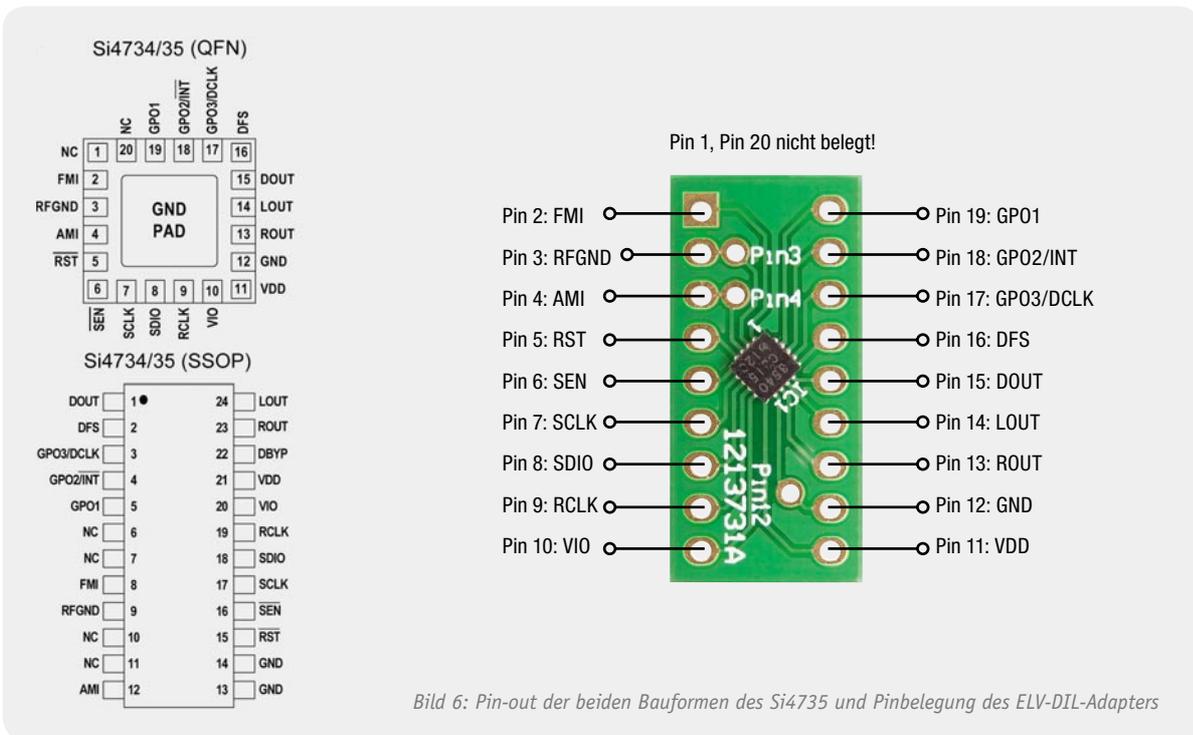


Bild 6: Pin-out der beiden Bauformen des Si4735 und Pinbelegung des ELV-DIL-Adapters

cation Note AN332 (Programming Guide) umfangreich erläutert ist. Wenn man einmal beim Download von Application Notes ist, sollte man sich auch gleich die AN383 herunterladen. Hier gibt es eingehende Applikationshinweise zur möglichen Antennentechnik im FM- und AM-Betrieb. Denn neben verschiedenen Formen von Stab- bzw. Drahtantennen (wie z. B. auch die Nutzung eines Ohrhörer-Kabels als Antenne wie beim Handy üblich) ist im AM-Bereich auch der Anschluss einer Ferritantenne möglich.

In Bild 4 ist die typische Applikationsschaltung aus dem Datenblatt abgebildet. Man sieht hier deutlich, dass die Außenbeschaltung auf ein absolutes Minimum begrenzt ist.

Die Empfangsleistungen des Chips sind herausragend. Selbst mit der kurzen Stabantenne und der kleinen Ferritantenne des Evaluation-Kits ist sofort ein hervorragender Empfang möglich. Betrachtet man Banddiagramme in Bild 2 (diese entstanden wohlge- merkt im Labor, beim direkten Betrieb und Stromversorgung am auf AM enorm störenden PC), kann man erahnen, welche Empfangsleistungen mit „richtigen“ Antennen möglich sind. So ergab der Betrieb an einer drehbaren 4-Elemente-Yagi auf dem Dach sofort UKW-Fernempfang bis nach Thüringen, Österreich (Überreichweiten-Öffnung) und Großbritannien (von Ostfriesland aus). Gleiches gilt für KW: An einer Langdrahtantenne waren laute Signale aus ganz Europa und Nordafrika hörbar. Dies ist neben der DSP-Aufbereitung auch der hervorragend arbeitenden AGC zu verdanken, man hört regelrecht

auf AM, wie diese sich an den Nutzpegel „heranarbeitet“.

### 3 x 3 mm QFN in der Elektronikerpraxis

Der Si4735-Chip ist als 20-poliger QFN-Chip mit den winzigen Abmessungen 3 x 3 mm und als SSOP-Chip erhältlich. Während der SSOP-Chip auch noch von einem Hobbyelektroniker mit gutem SMD-Werkzeug zu verarbeiten ist, gelingt dies mit dem QFN-Chip nur dem sehr versierten Elektroniker fehlerfrei.

Deshalb haben wir eine DIL-Adapterplatine für diesen Chip produziert, die bereits mit dem Si4735 bestückt ausgeliefert wird und über die ebenfalls mitgelieferten Stiftleisten oder auch direkt in eigene Schaltungen integrierbar ist. Bild 5 zeigt den kleinen Bausatz, der noch durch das gedruckte Datenblatt (44 Seiten) ergänzt wird. Zu beachten ist, dass der Chip zwar 20-polig ist, aber Pin 1 und 20 nicht genutzt werden. So beginnt unser 18-poliger DIL-Adap-



Bild 7: Der Versuchsaufbau von Stefan Lehnert, hier mit dem Si4735-Adapter von AK-Modulbus

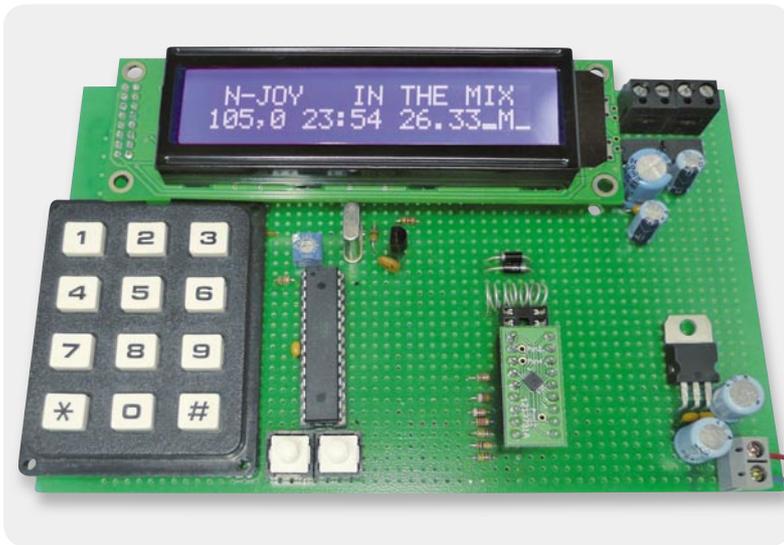


Bild 8: Nachbau des Lehnert-Empfängers. Als Bedienfeld agiert hier eine umgebaute Matrix-Tastatur.

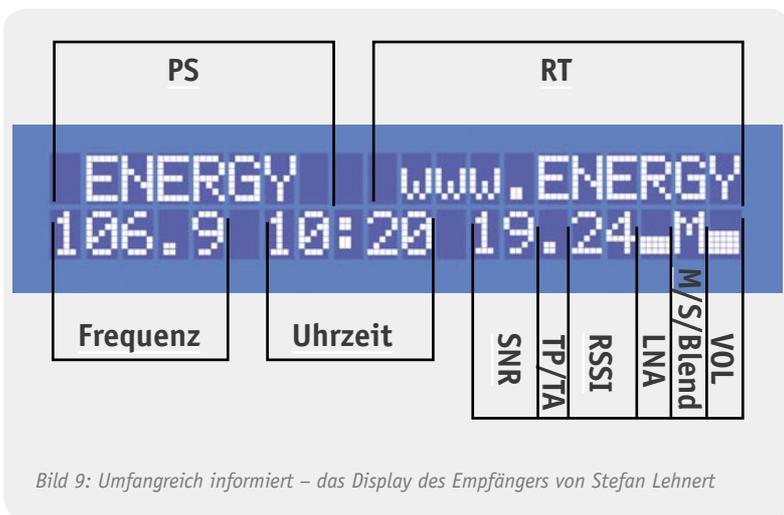


Bild 9: Umfangreich informiert – das Display des Empfängers von Stefan Lehnert

ter an seinem Pin 1 bei Pin 2 des Chips (siehe Anschlussbelegung in Bild 6, Pin 1 und Pin 20 sind nicht belegt). So ausgestattet, kann es an den Einsatz des interessanten Chips gehen.

## Radio-Projekte

Man muss nun nicht bei null anfangen, wenn man einen Empfänger mit dem Si4735 bauen will. International mit am bekanntesten dürfte Dr. Phil's „Hacking the Si4734“ [4] sein – ein unendlich wertvolles Praxis-Kompendium zum Schwester-IC Si4734 (wie Si4735, jedoch ohne RDS), das u. a. auch die Beschreibung eines kleinen Eigenbau-Radios mit nachgeschalteter Endstufe und Bedienung über eine Tastatur, gemanagt durch einen kleinen PIC, enthält.

Ein sehr interessantes Eigenbauprojekt samt sehr komfortabler Display-Ausgabe hat Stefan Lehnert [5] realisiert. Bild 7 zeigt seinen Versuchsaufbau. Dieser Empfänger wurde inzwischen schon mehrfach erfolgreich nachgebaut. Bild 8 zeigt einen solchen Nachbau, bestückt mit unserem Si4735-Adapter. Hier sind lediglich leichte Hardware-Modifikationen vorgenommen worden wie ein anderer Oszillator und eine Stereo-Endstufe mit dem TDA7052. Ein ATmega8 steuert bei diesem Projekt den Empfängerchip, die Tastatur und das Display. In Bild 9 sind die umfangreichen Displayausgaben dokumentiert. Hier merkt man, dass Stefan Lehnert wirklich vom Fach kommt – er ist bei ENERGY Nürnberg als Moderator und technischer Leiter tätig. Deshalb gibt es auch hier eine wirklich fehlerfreie RDS-Radiotext-Ausgabe, wie man sie sonst bei vielen industriellen Geräten nicht findet.

Eine Anwendung, die wir ja bereits im ELVjournal 3/2011 [6] kurz vorgestellt haben, ist die „Anbindung“ des Si4735 an das Ping-Pong-Board von Franzis. Burkhard Kainka hat hier [7] auf Basis des Ping-Pong-Impulszählers von Hermann Nieder ein kleines

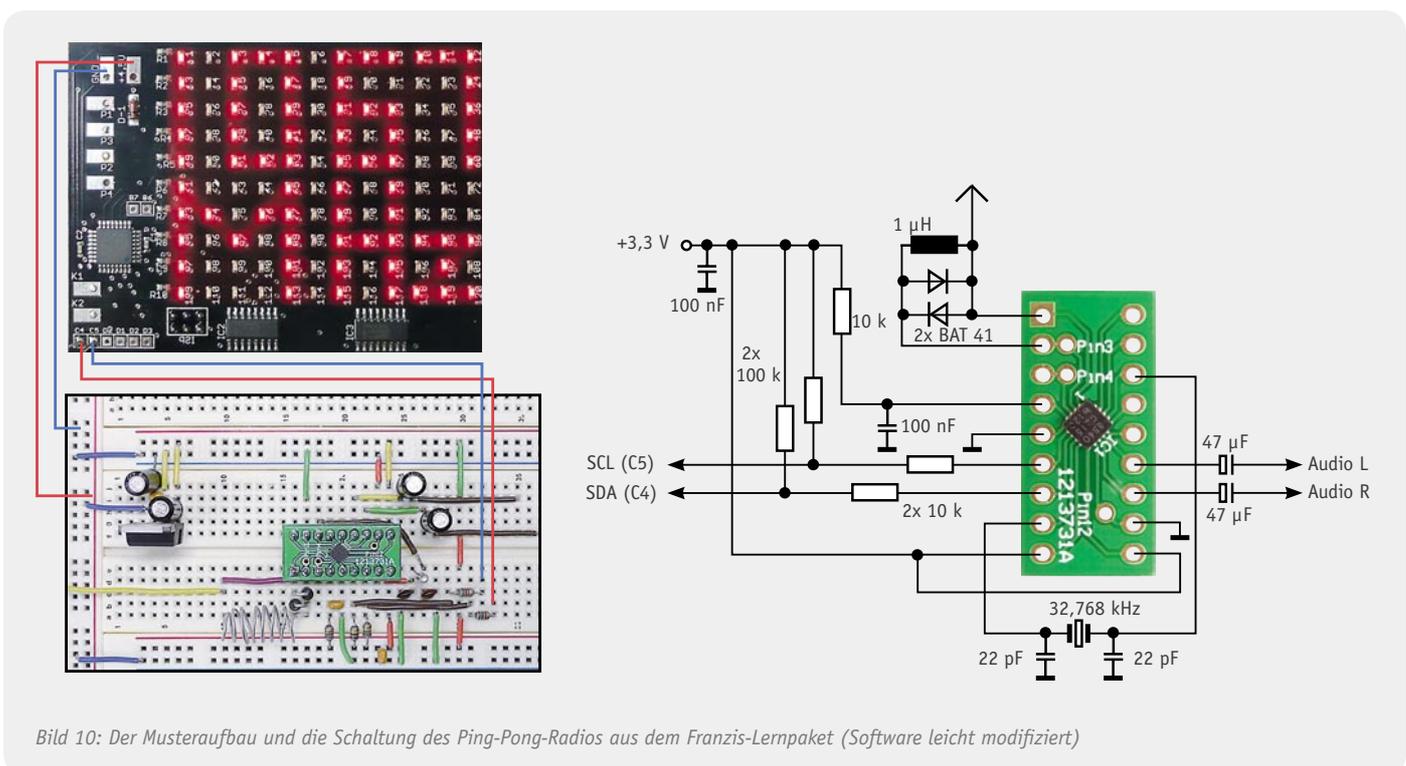


Bild 10: Der Musteraufbau und die Schaltung des Ping-Pong-Radios aus dem Franzis-Lernpaket (Software leicht modifiziert)

Programm erstellt und die Anbindung an das Ping-Pong-Board beschrieben – ein idealer Einstieg in die Programmierung des Si4735! Hardware und Software dazu sind auch im Begleitbuch zum Franzis-Lernpaket [8] beschrieben. Bild 10 zeigt unseren Musteraufbau nebst Schaltung auf einem Steckbrett.

Hermann Nieder hat dieses Projekt softwaremäßig um eine Sendernamenanzeige erweitert, in [9] ist sein „Ping-Pong-Radio de Luxe“ auf „elo-web“ beschrieben.

Burkhard Kainka hat darüber hinaus zahlreiche weitere Si4735-Anwendungen gebaut und beschrieben, sowohl als komplettes Stand-alone-DSP-Radio [10] als auch mit PC-Steuerung. Von [11] aus gelangt man zu seinen zahlreichen Projekten auf dieser Seite. Bei allen Projekten ist die Software mit veröffentlicht, so kann man nach Herzenslust mit dem Chip experimentieren und sich letztlich auch einen kompletten Empfänger selbst bauen.

Ein sehr wertvoller Tipp zur Antennenanpassung ist auch der Beitrag von Rainer Lange-Robben in [12]. Diese Art der Antennenanpassung hat bei unserem erwähnten Yagi-Test u. a. zu den genannten Reichweiten geführt.

Auch für den Arduino-Fan gibt es schon eine Entwicklungsbasis für eigene Projekte. Sparkfun hat ein Si4735-Shield entwickelt (Bild 11), das mit der SSOP-Version, einem Kopfhöreranschluss und Antennenanschlüssen bestückt ist. Im Lieferumfang (Download) des via [13] erhältlichen Shields befinden sich rudimentäre Software-Beispiele nebst Library, die den Einstieg in die Programmierung des Chips einfach machen. Bild 12 zeigt schließlich die Ergänzung mit einem kleinen Touchscreen, der die Realisierung eines kompletten Radios ohne weitere Bedienelemente (Bedienung per Touchscreen) möglich macht. Das private Projekt eines Lesers war zum Redaktionsschluss leider noch nicht fertiggestellt, die Nennung sollte anderen Lesern jedoch als Ideen-Ansatz dienen, und wenn fertig, wird es der Erbauer später im Journal-Forum vorstellen.

Damit wollen wir unseren kurzen Streifzug zum Si4735 und seinen Anwendungen beenden – wir hoffen, Ihnen wertvolle Anregungen dazu gegeben zu haben, und wünschen stets guten Empfang. **ELV**

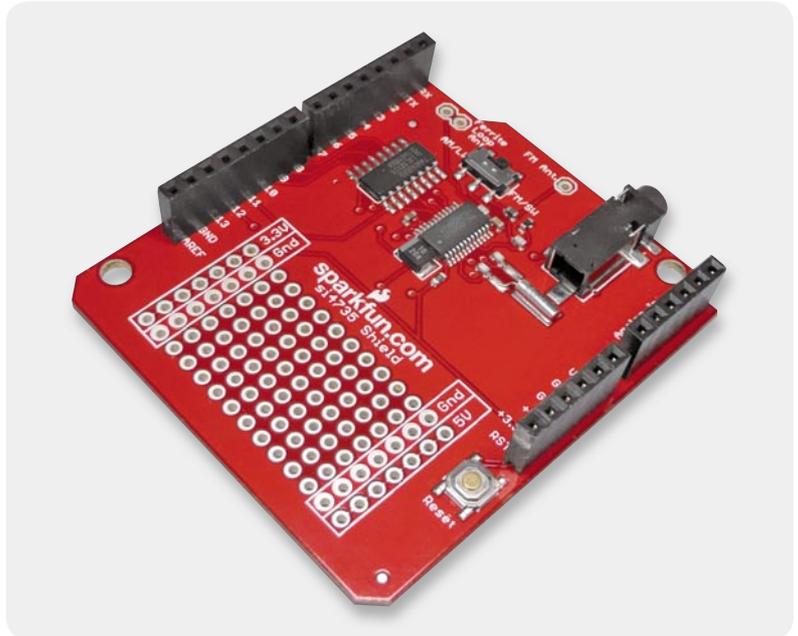


Bild 11: Das Sparkfun-Shield mit dem Si4735 als SSOP-Version (das rechte IC)



Bild 12: Auch hieraus entsteht gerade ein komfortabler Si4735-Weltempfänger: Arduino-Board, Si4735-Shield und Touchscreen-Shield mit zugehörigem mSD-Shield. Alles bei [13] erhältlich!



### Weitere Infos:

- [1] [www.silabs.com/products/audiovideo/pages/default.aspx](http://www.silabs.com/products/audiovideo/pages/default.aspx)
- [2] [www.elexs.de/SI4735a.html](http://www.elexs.de/SI4735a.html)
- [3] [www.elektronik-labor.de](http://www.elektronik-labor.de)
- [4] [home.comcast.net/%7Ephils\\_radio\\_designs](http://home.comcast.net/%7Ephils_radio_designs)
- [5] [www.stefan-lehnert.de/wortpresse/?p=1411](http://www.stefan-lehnert.de/wortpresse/?p=1411)
- [6] „Einstieg in die Robotertechnik und die AVR-Programmierung“, ELVjournal 3/2011, S. 94 ff.
- [7] [www.b-kainka.de/Weblog/Logbuch100222.html](http://www.b-kainka.de/Weblog/Logbuch100222.html)
- [8] ELV-Bestell.-Nr. JL-09 61 18
- [9] [www.elo-web.de/elo/mikrocontroller-und-programmierung/ping-pong/ping-pong-radio-de-luxe](http://www.elo-web.de/elo/mikrocontroller-und-programmierung/ping-pong/ping-pong-radio-de-luxe)
- [10] [www.elektronik-labor.de/Projekte/Projekte.html](http://www.elektronik-labor.de/Projekte/Projekte.html)
- [11] [www.elexs.de/SI4735a.html](http://www.elexs.de/SI4735a.html)
- [12] [www.elektronik-labor.de/HF/DSPlidl.html](http://www.elektronik-labor.de/HF/DSPlidl.html)
- [13] [www.watterott.com/de/SI4735-AM-FM-Receiver-Shield](http://www.watterott.com/de/SI4735-AM-FM-Receiver-Shield)