

MONTAGE  
VIDEO

# Digital gesteuertes Radio

## UKW-Empfängerbausatz MK194N

Radioempfang und der Radio-Selbstbau haben auch heute noch, in den Zeiten des allgegenwärtigen Internets, eine ungebrochene Faszination für viele Menschen. Allerdings muss man sich heute nicht mehr mit einem mühsamen Abgleich, Spulen und Bandfiltern, Oszillatoren beschäftigen – digitale und hocheffiziente Empfangsbausteine machen den Aufbau eines leistungsfähigen Empfängers einfach und garantieren Erfolg. Einen solchen UKW-Empfänger, basierend auf dem Silabs Si4703, wollen wir an dieser Stelle vorstellen.

### UKW-Radio schnell gebaut

Der Bausatz stammt aus der belgischen Bausatzschmiede Velleman – ein Garant für einfach aufbaubare und damit meist auch einsteigertaugliche Elektronikbausätze, die sich durchaus auch für den Einsatz im Bildungs- und Jugendfreizeitbereich

eignen. Es gibt, auch in heutiger Zeit, kaum etwas Faszinierenderes für einen Elektronikbastler, als die ersten Töne eines Senders aus dem Lautsprecher zu hören. Die Verbindung zum Computerzeitalter findet sich bei modernen Empfangsbausteinen rasch, denn diese werden immer durch einen Mikroprozessor ge-

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	MK194N
Versorgungsspannung:	1x 9 V (6LR61)
Stromaufnahme:	40 mA
Empfangsbereich:	88 bis 107,9 MHz
Abstimmsschritte:	0,1 MHz/Schritt
Empfängerchip:	Silabs Si4703
Senderspeicher:	4
NF-Ausgangsleistung:	250 mW (8 Ω/10% THD)
Abmessungen (B x H x T):	130 x 85 x 45 mm
Gewicht:	ca. 125 g (inkl. Batterie)

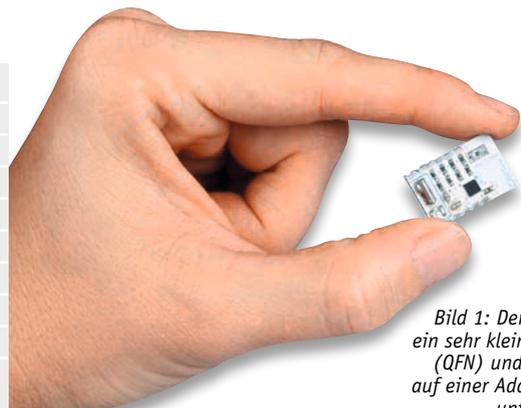


Bild 1: Der Si4703 hat ein sehr kleines Gehäuse (QFN) und ist deshalb auf einer Adapterplatine untergebracht.



steuert. Das ist auch bei dem hier vorgestellten Bausatz so, hier übernimmt ein PIC-Prozessor aus dem Hause Microchip die Regie. Da dieser in eine Steckfassung eingesetzt ist, eröffnen sich dem kreativen Elektroniker viele Möglichkeiten zur Erweiterung. Darauf kommen wir im Verlaufe des Artikels noch zurück.

Der Bausatz basiert auf einem leistungsfähigen FM-RDS-Empfangschip von Silabs, dem nur 3 x 3 mm großen Si4703 (Bild 1). Der Empfänger weist eine hohe Eingangsempfindlichkeit und Selektion bei gleichzeitig hoher Großsignalfestigkeit auf, sodass er sich bei fachgerechter Ankopplung leistungsfähiger Antennen auch für den UKW-DX-Empfang eignet. Aber bereits mit den für den Chip regulär vorgesehenen kurzen Drahtantennen ist vor allem im Freien ein hervorragender UKW-Empfang gewährleistet. Der Chip ermöglicht die Decodierung von RDS-Signalen, dies spielt bei unserem einfachen Empfänger aber zunächst keine Rolle. Mehr zum Si4703 findet sich unter „Elektronikwissen“.

Der gesamte Empfänger findet auf einer schönen mattschwarzen Platine Platz (Bild 2), die, bis auf Empfangsmodul, Lautsprecher und Batteriehalter, einseitig und mit ausschließlich bedrahteten Bauteilen zu bestücken ist.

Der Batteriehalter mit der darin einzusetzenden 9-V-Blockbatterie ermöglicht ein freies Aufstellen des fertigen Radios auf dem Tisch. Die Empfangs- und Steuerelektronik arbeitet mit 3,3 V, sodass die speisende 9-V-Batterie weit ausnutzbar ist. Ein kleiner Mono-NF-Verstärker treibt einen 8- $\Omega$ -Lautsprecher, dessen Klang durch die als Schallwand wirkende Platine bereits ganz gut mit ähnlich großen Taschenradios mithalten kann.

Die Bedienung erfolgt sehr einfach über insgesamt sieben Drucktasten, eine dient dem Sendersuchlauf, zwei der Lautstärkeeinstellung und über vier weitere Tasten kann man im Speicher des Steuerprozessors vier Stationen abspeichern. Alle Einstellungen bleiben auch bei ausgeschaltetem Gerät erhalten, sehr angenehm ist auch das allmähliche Hochfahren der Lautstärke auf die letzte Einstellung vor dem Abschalten. Insgesamt ein betriebs sicheres und übersichtliches Konzept.

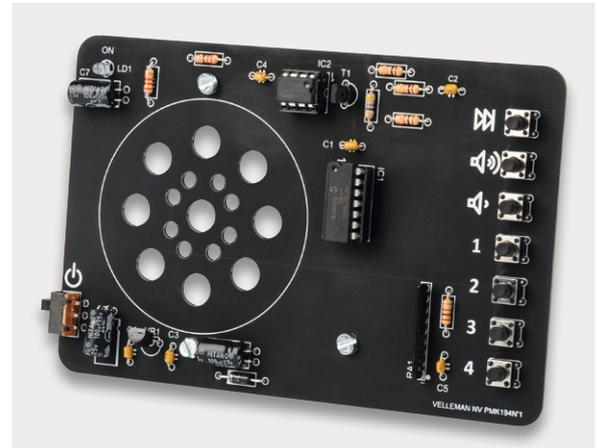


Bild 2: Der betriebsfertige Empfänger kann auf dem Tisch aufgestellt werden.

## Schaltung

Die Schaltung des Gerätes (Bild 3) ist recht übersichtlich. Die Spannungsversorgung erfolgt mittels einer 9-V-Blockbatterie, die Diode D1 dient als Verpolungsschutz. Mittels SW8 wird das gesamte Gerät eingeschaltet, der folgende Spannungsregler VR1 erzeugt die 3,3-V-Betriebsspannung für den Digital- und Empfangsteil. Die Kondensatoren C3, C6, C8 und C9 sorgen für die Stabilisierung und Filterung der Versorgungsspannung. Die LED LD1 mit ihrem Vorwiderstand R7 dient der Einschaltanzeige.

Im oberen Schaltbildteil gruppieren sich die Steuerung und der NF-Verstärker um das FM-Empfangsmodul MM100 (IC3), das, wie in Bild 1 zu sehen, als kompletter Baustein geliefert wird, denn ein Löten

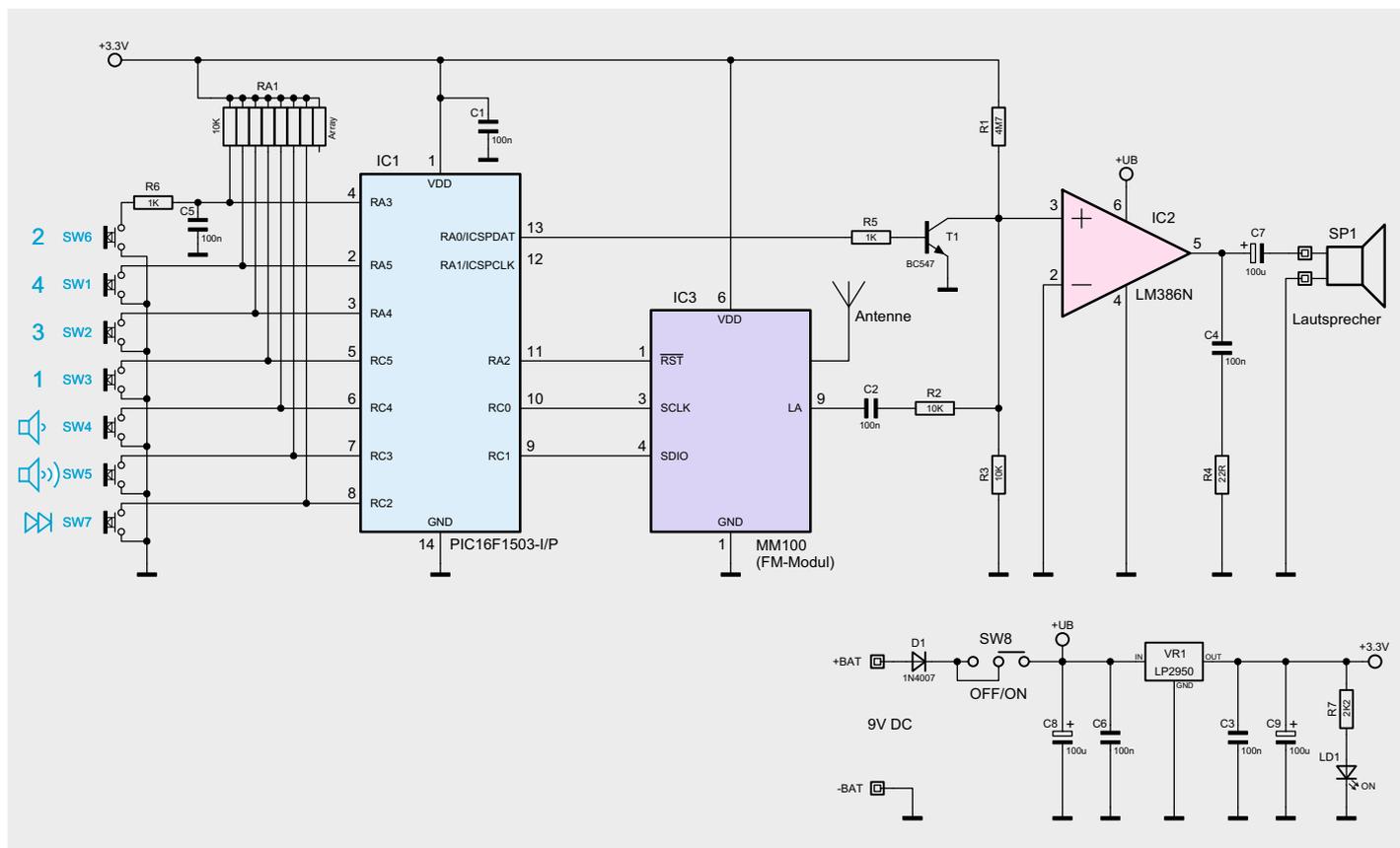


Bild 3: Das Schaltbild des MK194N



des nur 3 x 3 mm großen Si4703 ist von Hand kaum möglich. Er wird über eine serielle Schnittstelle vom Steuerprozessor IC1, einem PIC16F1503-I/P angesteuert und gibt über den Audioausgang LA das NF-Signal an den NF-Verstärker IC2 aus.

Die Steuerung erfolgt durch IC1, an diesen sind die sieben gegen Masse schaltenden Bedientaster angeschlossen, die im Ruhezustand zur Erzeugung eines

definierten Pegels über das Pull-up-Widerstandsnetzwerk RA1 auf High-Pegel liegen. Der Taster SW2 ist zusätzlich mit R6 und C5 entprellt, um eine störungsfreie Ansteuerung des PIC zu gewährleisten.

Über den Port RA0, der über R5 den Transistor T1 ansteuert, erfolgt die Lautstärkeeinstellung des NF-Signals. Damit wenden wir uns dem NF-Teil zu. Das Tonsignal des Empfängerchips wird über den linken Stereokanalausgang des Si4703, der hier ausschließlich im Monobetrieb arbeitet, über C2, R2 und den Spannungsteiler R1/R3 an den Verstärkerchip, den altbekannten LM386N, ausgegeben. Über T1 wird der Signalpegel (und somit auch das langsame Aufblenden der Lautstärke beim Einschalten) eingestellt, der schließlich auf den nichtinvertierenden Eingang von IC2 gelangt. Dieser gibt das verstärkte Signal über den Auskoppel-Kondensator C7 ab, das Boucherot-Glied mit C4/R4 verhindert Schwingungen der Endstufe in höheren Frequenzbereichen.

Im Gegensatz zum Digital- und Empfangsteil der Schaltung wird der LM386N direkt aus der 9-V-Batterie gespeist, er kann bis herab auf 4 V arbeiten und liefert je nach Höhe der Betriebsspannung eine Leistung von bis zu 250 mW an den 8-Ω-Lautsprecher.

## Der Nachbau

Der Bausatz besteht allein aus bedrahteten Bauteilen, mit Ausnahme des bereits mit SMD-Bauteilen bestückten Empfängermoduls. Bild 4 zeigt die noch unbestückte Platine mit dem Bestückungsdruck auf der Frontseite. Typisch für diesen Bausatzhersteller sind die nahezu ohne Text gehaltenen, knappen, aber vollständig bebilderten Aufbauanleitungen (Bild 5), die jedoch bei Einhalten der nummerierten Reihenfolge selbst Einsteiger kaum einmal vor Probleme stellen. Einzige Schwachpunkte sind die Punkte 12 und 15. Ersterer behandelt das Auflöten des Empfängermoduls. Dieses ist, wie in Bild 6 zu sehen, in der richtigen Lage plan auf die Platine aufzulegen, dann sind zwei über Eck gegenüberliegende Lötspots anzulöten und nach einer Lagekontrolle, ob das Modul plan und gerade aufliegt, die restlichen Lötspots mit den zugehörigen Lötflächen der Platine zu verlöten. Der zweite Punkt, Bauschritt 12, ist in der Anleitung falsch dargestellt, die Anschlüsse der Elkos sind dicht am Gehäuse abzuwinkeln und die Elkos entsprechend Bestückungsdruck

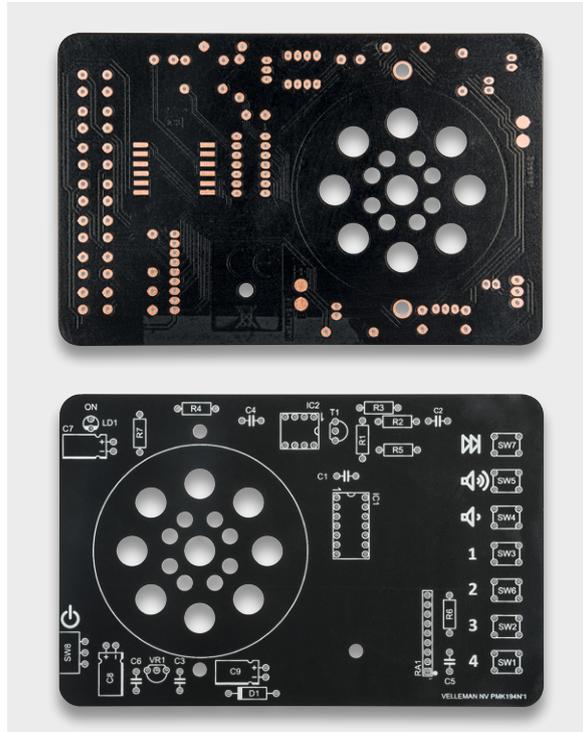


Bild 4: Die noch unbestückte Platine des Bausatzes, auf der Vorderseite ist die Bestückung aufgedruckt.

**Soldering - Solderen - Soudage - Löten - Soldadura - Lötning - Juottaminen - Saldatura - Solda**

**Component side - Komponentzijde - Côte composants - Bauteilseite - Lado de los componentes**

**START**

**1 Resistor - Weerstand - Résistance - Widerstand - Resistencia - Motstand - Vastus - Resistenze**  
 (yellow, purple, green) - (geel, paars, groen) - (jaune, violet, vert) - (gelb, violett, grün)  
 - (gul, Lila, Grün) - (keltainen, purppura, vihreä) - (amarillo, morado, verde) - (amarolo, violeta, verde) - (giallo, viola, verde)  
 (brown, black, orange) - (bruin, zwart, oranje) - (brun, noir, orange) - (braun, schwarz, orange)  
 - (brun, svart, orange) - (ruskea, musta, oranssi) - (marrón, negro, naranjado) - (castanho, preto, laranja) - (marrone, nero, aranciato)  
 (red, red, black) - (rood, rood, zwart) - (rouge, rouge, noir) - (rot, rot, schwarz) - (röd, ród, svart)  
 - (punainen, punainen, musta) - (rojo, rojo, negro) - (encarnado, encarnado, preto) - (rosso, rosso, nero)  
 (brown, black, red) - (bruin, zwart, rood) - (brun, noir, rouge) - (Braun, Schwarz, Rot)  
 - (brun, svart, ród) - (ruskea, musta, punainen) - (marrón, negro, rojo) - (castanho, preto, encarnado) - (marrone, nero, rosso)  
 (red, red, red) - (rood, rood, rood) - (rouge, rouge, rouge) - (Rot, Rot, Rot) - (röd, ród, ród)  
 - (punainen, punainen, punainen) - (rojo, rojo, rojo) - (encarnado, encarnado, encarnado) - (rosso, rosso, rosso)  
 (red, red, black) - (rood, rood, zwart) - (rouge, rouge, noir) - (rot, rot, schwarz) - (röd, ród, svart)  
 - (punainen, punainen, musta) - (rojo, rojo, negro) - (encarnado, encarnado, preto) - (rosso, rosso, nero)

**2 Ceramic capacitors**  
 C1...C6: 100nF (104)

**3 Diode**  
 Watch the polarity! Att. la polarité!  
 D1: 1N4007

**4 IC-Sockets**  
 Watch the notch! Attention à l'encoche!  
 IC1: 14p  
 IC2: 8p

**5 Array resistor**  
 RA1: 10K

**6 LED**  
 Watch the polarity! Att. la polarité!  
 LD1: 3mm (ON)

**7 Switch**  
 SW8: ON/OFF

**8 Push-buttons**  
 SW1...SW7

**9 Transistor**  
 T1: BC547B

**10 Voltage regulator**  
 VR1: KY5033-33LPE3

**11 Battery holder + battery snap**  
 Watch the polarity! Att. la polarité!  
 9V  
 Black - Zwart - Noir - Schwarz - negro  
 Red - Rood - Rouge - Rot - Rojo

**12 Electrolytic capacitors**  
 Watch the polarity! Att. la polarité!  
 C7...C9: 100µF

**13 IC**  
 Watch the notch! Attention à l'encoche!  
 IC1: VMK194N (programmed PIC16F1503-I/P)  
 IC2: LM386

**14 Speaker**  
 BOLT 10mm  
 SPACER  
 SOLDER SIDE - SOLDERSEITE - CÔTE SOUDURE - LÖTSEITE - LADO DE SOLDADURA

**15 FM receiver mini module + Antenna**  
 FM receiver mini module: MM100  
 SOLDER CAREFULLY! SOUDER SOIGNEUSEMENT

Bild 5: Die Bauanleitung des Bausatzes



liegend zu bestücken. Dies ist in Bild 7, das die vollständig bestückte Platinvorderseite zeigt, gut zu sehen. Bild 8 zeigt die Rückseite mit bestücktem Empfangsmodul, montiertem Lautsprecher und dem aufgeschraubten Batteriehalter. Beim Anlöten der Anschlüsse des Batterieclips ist unbedingt die polrichtige Zuordnung zu beachten, wie sie farblich in der Bauanleitung hervorgehoben ist. Damit ist das Gerät bereits betriebsfertig und kann nach Einlegen und Anschluss der Batterie in Betrieb genommen werden.

### Bedienung

Die Bedienung ist nahezu selbsterklärend. Nach dem Einschalten mit dem Schiebeschalter SW8 leuchtet die ON-LED LD1 auf und die Lautstärke wird langsam höher gestellt. Mit der oberen Taste in der Tastenreihe wird nun der Sendersuchlauf gestartet, die beiden darunter liegenden Tasten stellen die Lautstärke ein. Die vier Stationstasten lassen sich belegen, indem man zunächst den gewünschten Sender einstellt, dann die zu belegende Stations-taste so lange drückt, bis ein Quittungston zu hören ist. Für den Betrieb ist es notwendig, die an das Empfangsmodul angeschlossene Drahtantenne auf ihre volle Länge auszulegen.

Das wäre es eigentlich. Aber wir haben ja am Anfang erwähnt, dass der so aufgebaute Empfänger zu mehr einlädt.

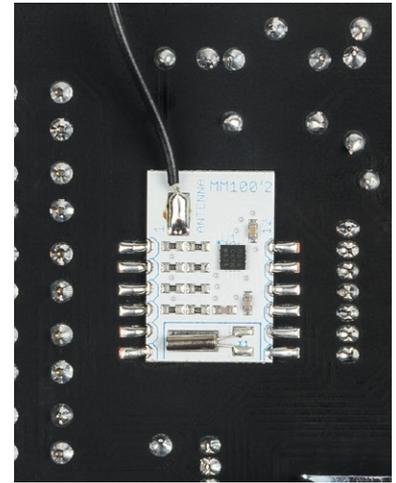


Bild 6: Hier ist die exakte Einbaulage des Empfängermoduls zu sehen.

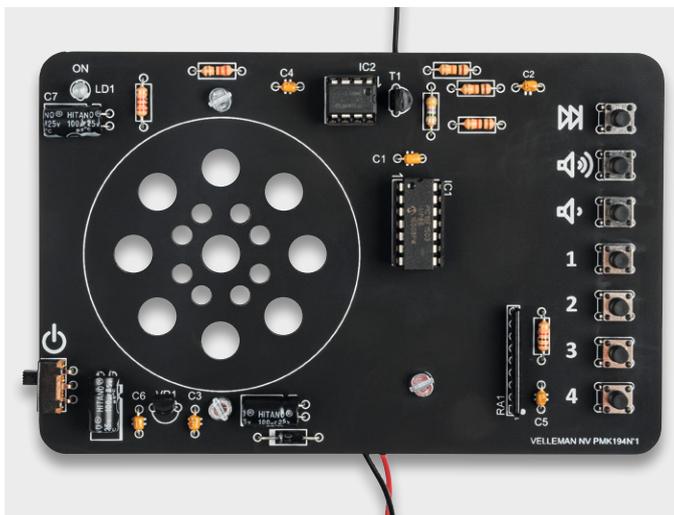


Bild 7: Die vollständig bestückte Vorderseite des Radio-Bausatzes

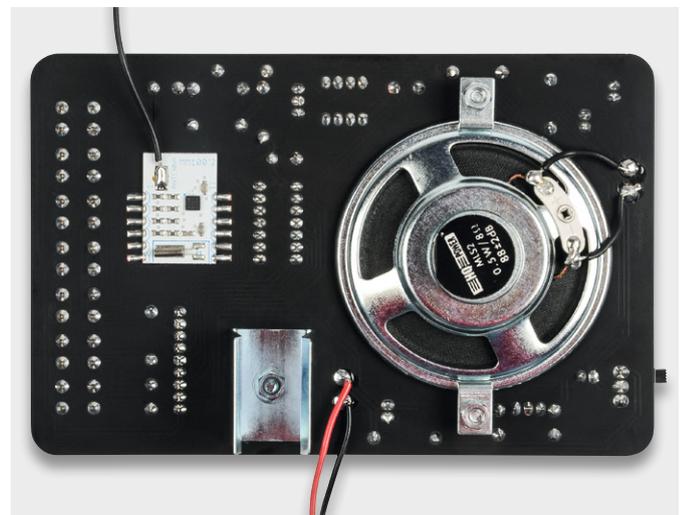


Bild 8: Die vollständig bestückte Rückseite des Radio-Bausatzes

### Kreativ erweitert

Das Ganze ist, wie gesagt, ein digital gesteuerter UKW-RDS-Empfänger, der geradezu zu Experimenten einlädt, ist doch die Art der Abstimmung und auch die fehlende Anzeige rudimentär. Das digitale Empfangsmodul ist ja bereits mit allen nötigen Schnittstellen bestückt, arbeitet mit der mikrocontrollerüblichen Spannung von 3,3 V und ist so nahtlos auch in andere Mikrocontroller-Applikationen statt der bordeigenen PIC-Applikation integrierbar. Bild 9 zeigt die prinzipielle Anbindung an einen Arduino, diese beruht auf der Open-Source-Lösung von SparkFun, bei Velleman kann man sogar

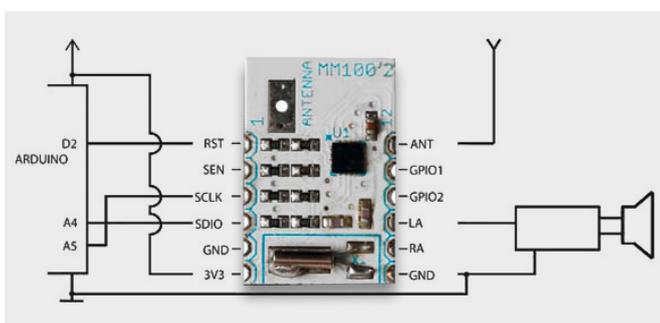


Bild 9: So erfolgt die prinzipielle Anbindung des Empfängermoduls an einen Arduino entsprechend der Si4703-Standard-Library.

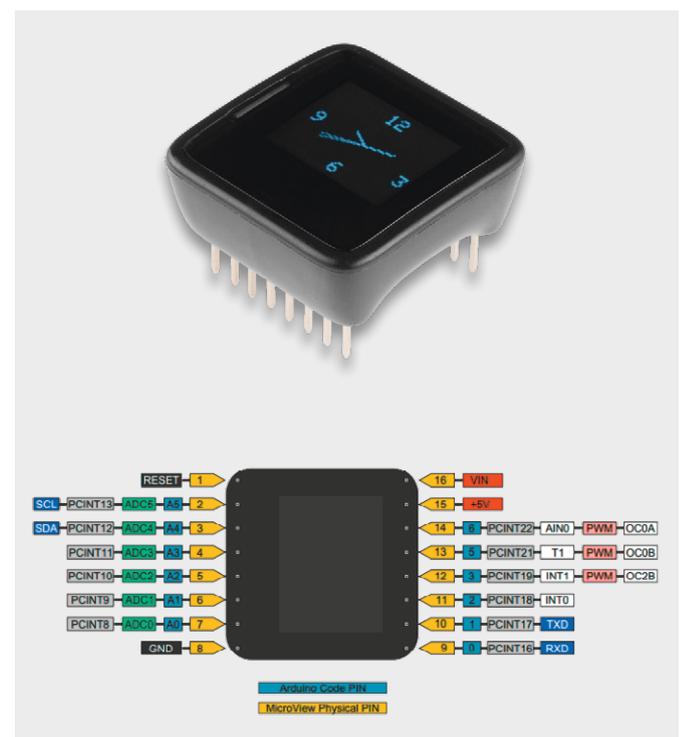


Bild 10: Der MicroView in Aktion, daneben sein Pinout und der Pin-Bezug zu den Arduino-Standard-Anschlüssen

direkt eine angepasste Software für die Steuerung mit einem Arduino unter [1] finden.

Wir haben bei der Realisierung einer Arduino-Applikation zu einem äußerst interessanten Baustein gegriffen, dem MicroView von SparkFun [2]. Der ist einst aus einem Kickstarter-Projekt hervorgegangen und verbindet in einem kompakten Gehäuse einen Arduino (UNO-kompatibel) und ein 64x48-Pixel-OLED-Display (Bild 10 zeigt auch das Pinout und die entsprechenden Arduino-Code-Bezeichnungen), das intern über SPI angesteuert wird. SparkFun stellt für den Einsatz dieses interessanten Bausteins Codebeispiele und eine spezielle Arduino-Library zur Verfügung, in der zahlreiche, fantastische Darstellungs-, Zeichen- und Fontroutinen für die einfache Programmierung integriert sind. Eines hat allerdings keinen Platz mehr im Mini-Gehäuse gefunden – eine USB-Schnittstelle. So gibt es einen speziellen Program-



Bild 11: Über den speziellen Programmieradapter ist der MicroView bequem per Arduino-IDE zu programmieren.

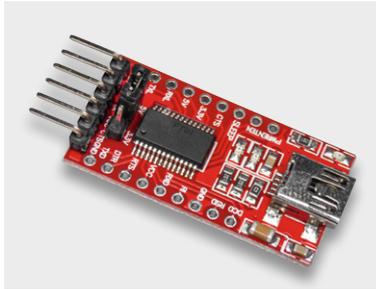


Bild 12: Ein solcher universell einsetzbarer FTDI-Adapter ist eine preiswerte Programmier-Interface-Lösung.

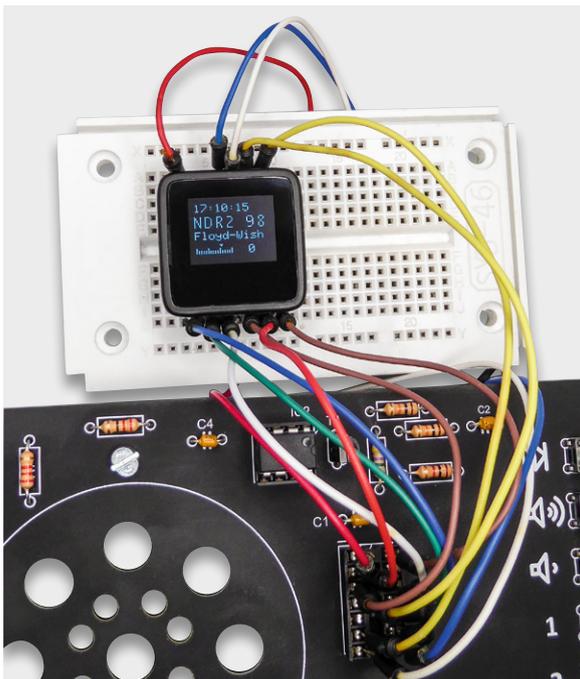


Bild 14: Der MicroView am Radiobausatz in Aktion. Das OLED-Display erlaubt eine scharfe Darstellung auch kleiner Schriften und Grafiken.

mieradapter (Bild 11), der mit einem FTDI-Chip auf die serielle Schnittstelle des MicroView arbeitet. Da dieser gewissermaßen eine „Eintagsfliege“ ist, wenn man den MicroView, wie bei unserem Radio, fest einbauen will, kann man für die Programmierung auch preisgünstigere Lösungen einsetzen, etwa einen sehr preiswert erhältlichen FTDI-Adapter (Bild 12) oder einen vorhandenen Arduino-UNO, bei dem den Mikroprozessor einfach entfernt (Bild 13). Letzteres haben wir realisiert – funktioniert hervorragend. Einen Bogen sollte man um FTDI-Clones wie den verbreiteten CM340 machen, dieser kooperiert je nach Arduino-IDE-Version nicht immer sicher mit dem Compiler.

Mit dem MicroView haben wir als Demonstrationsobjekt, unter Einsatz einer vorhandenen Software [3], eine Anzeige- und Bedienlösung für den Radiobausatz realisiert. Dazu haben wir ein wenig die Möglichkeiten der MicroView-Library ausprobiert und die Anzeige gegenüber dem Vorbild etwas umgestellt. Dies setzt jedoch Grundkenntnisse der Bedienung und Programmierung der Arduino-IDE voraus.

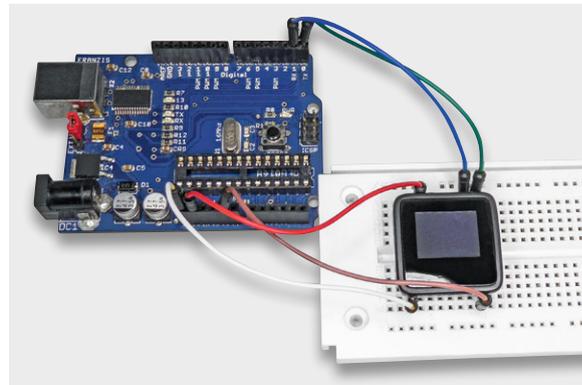


Bild 13: Eine Arduino-UNO-Platine als Programmier-Interface für den MicroView

Da der Si4703 RDS beherrscht, kann man auch den Radiotext anzeigen lassen. So entstand unsere Anzeige, die im Bild 14 im Betrieb am Radiobausatz zu sehen ist. Die vorhandenen Tasten werden weiter genutzt, allerdings entsprechend der Software [3] etwas anders belegt, sodass man z. B. nicht nur in eine Richtung abstimmen kann. Es sind keine weiteren Lötarbeiten nötig, das Radiomodul bleibt an seinem Platz, lediglich der PIC wird entfernt und an seiner Fassung das MicroView-Modul angeschlossen.

Die Anzeige wurde so gestaltet, dass die Zeilen für Sendernamen und Frequenz sowie die für den Radiotext durchscrollen, um auch längere Texte auf dem kleinen Display darstellen zu können. Ganz unten fand sich noch Platz für eine stilisierte Empfangsanzeige (RSSI) und die Anzeige der Lautstärkestufe.

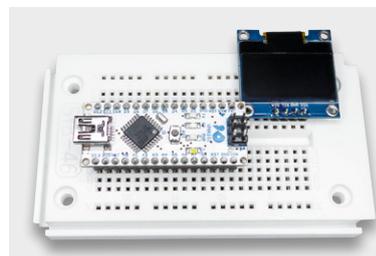


Bild 15: Alternative für den MicroView – ein Arduino-Nano und ein serielles OLED-Display



Insgesamt ist solch ein kleines Projekt eine sehr schöne „Fingerübung“ für die Arduino- und Displayprogrammierung und hat am Schluss noch einen praktischen Nutzen. Wem übrigens der nicht ganz billige MicroView zu teuer ist – man kann ihn ganz einfach und deutlich preiswerter nachbilden, indem man einen handelsüblichen Arduino-Nano (wieder den mit originalem FTDI-Interface an Bord) und ein kleines, serielles OLED-Display (Bild 15) statt des MicroView nimmt.

Mit solchen Experimenten und Erweiterungen macht das kleine Velleman-Radio noch mehr Spaß, denn der eher programmier- statt lötlaffine Elektroniker hat hier eine schöne Grundlage für Experimente – und am Schluss ein leistungsstarkes Radio, das man auch in ein Gehäuse einbauen und dann ganz normal täglich nutzen kann. **ELV**

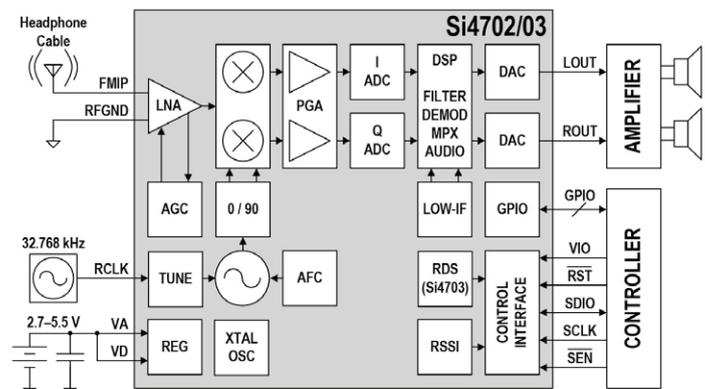


## Weitere Infos:

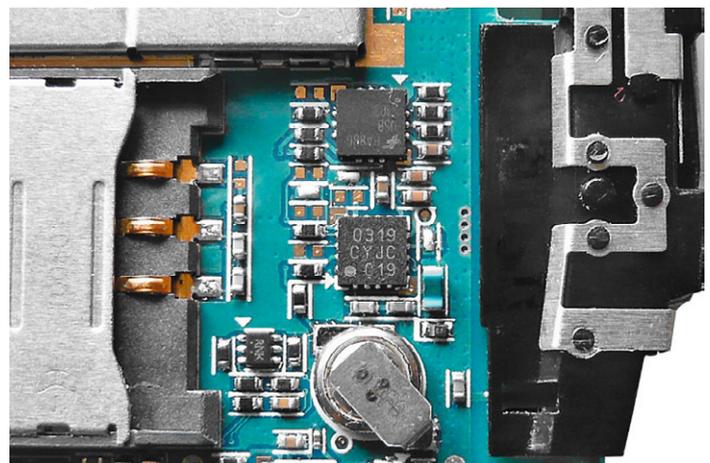
- [1] Arduino-Applikation:  
<https://github.com/Velleman/VMA11>
- [2] MicroView-Produkt- und Applikationsseite:  
<https://www.sparkfun.com/products/12923>
- [3] Si4703-FM-Tuner-Evaluation-Board:  
[https://github.com/NeoCat/Si4703\\_FM\\_Tuner\\_Evaluation\\_Board](https://github.com/NeoCat/Si4703_FM_Tuner_Evaluation_Board)

### FM-RDS-Empfängerchip Si4703

Der Si4703 ordnet sich in eine umfangreiche Empfängerchip-Serie des Halbleiterherstellers Silicon Laboratories (Silabs) ein. 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 zu verarbeitenden Frequenzbereich für FM zugeschnitten ist. Die Abstimmung erfolgt digital bis herab auf 10-kHz-Schritte (die konkrete Schrittweite legt die Steuersoftware je nach lokaler Norm fest). 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 möglich. Hier ist auch der Stereo-Decoder mit Stereo-Mono-Überblendung untergebracht. Ein hochwertiger DAC sorgt für die Stereo-Audio-Ausgabe. Schließlich enthält der Mini-Chip auch einen RDS-/RBDS-Prozessor, der eine komplette RDS-Auswertung ausgibt. Die gesamte Steuerung des DSPs erfolgt über eine serielle Schnittstelle mit drei möglichen Modi und mit einem vom Hersteller offengelegten Kommandosatz. 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. Über drei GPIO-Pins ist der Bus-Mode einstellbar, aber u. a. auch der An-



Das Blockschaltbild des Si4703, eingebettet in eine komplette Empfängerkonfiguration



Einsatz des Si4703 in einem Smartphone. Man erkennt hier die minimale Außenbeschaltung, als Antenne dient die Zuleitung des Headsets.

schluss einer Stereo-Anzeige möglich. Insgesamt verfügt der Kommandosatz über 42 Bedienbefehle und Einstellungen, die im Datenblatt detailliert aufgeführt sind und deren Einsatz in der Application 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.