

## Das I<sup>2</sup>C-Radio – FM-Receiver Modul mit Si4705

Infos zum Bausatz

im ELV-Web-Shop

#1320

Dieses kleine Empfangsmodul ist für den Empfang von analogem Radio auf dem UKW-Band ausgelegt. Zum Einsatz kommt ein hochwertiger Empfangschip der Firma Silicon Labs vom Typ Si4705, der fast ohne externe Beschaltung wie Spulen und Filter auskommt. Gesteuert werden die Funktionen über den I<sup>2</sup>C-Bus. Auf der Platine befinden sich zusätzlich ein Stereoverstärker (2x 1 W) zur direkten Ansteuerung von Lautsprechern und ein Kopfhörerverstärker.

### UKW – lebt ...

Auch wenn vielleicht in absehbarer Zeit der terrestrische Rundfunk durch den digitalen Empfang DAB+ ersetzt wird, ist die altbewährte Ausstrahlung von Rundfunksendern über UKW (Ultrakurzwellen) immer

noch die technisch einfachste Lösung zum Empfang dieser Rundfunksender. Schon im Jahr 1949 wurde in Deutschland der erste UKW-Sender in München-Freimann vom Bayerischen Rundfunk (90,1 MHz) in Betrieb genommen [1]. Ab dem Jahr 1960 erfolgte die Ausstrahlung in Stereo. Durch die damals moderne Frequenzmodulation (FM) wurde eine noch nicht dagewesene Klangqualität gegenüber der Amplitudenmodulation (AM) erreicht.

Auch wenn mit DAB bzw. DAB+ inzwischen eine digitale Alternative zum analogen FM-UKW-Rundfunk zur Verfügung steht, ist die geplante flächendeckende Abschaltung des UKW-Rundfunks, bereits einmal verschoben, nun für 2025 geplant, durchaus aber noch nicht sicher. Deshalb wird es UKW also noch mindestens 10 Jahre geben, Grund genug, immer noch das interessante Feld des (analogen) Radioempfangs zu erkunden, aber mit zeitgemäßer Technik.

Mit dem hier vorgestellten kleinen Empfängermodul kann jeder Hobbyelektroniker seinen eigenen Radioempfänger verwirklichen.

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	FM-RM1
Versorgungsspannung:	5 V (5,5 V max.)
Stromaufnahme:	500 mA max.
Empfangsfrequenz:	87,5–108 MHz
Eingangsempfindlichkeit:	2,2 µV
Audiofrequenzgang:	30 Hz–15 kHz (-3 dB)
Ausgangsleistung:	2x 1 W @ 4 Ω
Lautsprecherimpedanz:	4–16 Ω
Klirrfaktor (THD):	0,5 % max.
Kopfhörerausgang:	16 Ω min.
Schnittstelle:	I <sup>2</sup> C-Bus
Sonstiges:	extern Audio-In (1 Veff)
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Lagertemperatur:	-40 bis +85 °C
Abmessungen (B x H x T)/Gewicht:	65 x 18 x 30 mm/16 g



Die technische Basis wird vom Empfangschip Si4705 gebildet, einem leistungsstarken FM-Empfänger auf nur einem Chip. Der Empfänger weist eine hohe Eingangsempfindlichkeit und Selektion bei gleichzeitig hoher Großsignalfestigkeit auf, so dass er sich bei fachgerechter Ankopplung leistungsfähiger Antennen auch für UKW-DX-Empfang eignet. Aber bereits mit den für den Chip regulär vorgesehenen kurzen Drahtantennen ist ein hervorragender UKW-Empfang gewährleistet.

Die Ansteuerung des Chips erfolgt über den weit verbreiteten I<sup>2</sup>C-Bus. So kann z. B. ein Arduino, ein Raspberry Pi oder die eigene Mikrocontrollerapplikation zur Ansteuerung verwendet werden. Verfügt man über Programmiererfahrung, die ja vom Vorhandensein zahlreicher Libraries unterstützt wird, ist z. B. auch ein eigenständiges (mobiles) Empfängerkonzept mit eigenem Bedien- und Anzeigefeld wie z. B. dem ELV-I<sup>2</sup>C-4DLED realisierbar. Von ELV wird es in einer der nächsten Journalausgaben auch eine passende Bedieneinheit mit OLED-Display geben.

Das kleine Empfangsmodul verfügt jeweils über einen Stereo-Verstärkerausgang für Lautsprecher und Kopfhörer.

Der Line-Eingang kann zum Einspeisen von externen Audiosignalen genutzt werden. Der Line-Ausgang kann zur Nutzung des Ausgangssignals in eigenen Schaltungen oder zum Anschluss an andere Verstärker genutzt werden.

Die modulare Bauweise mit Stiftleisten erlaubt die einfache Kontaktierung mit zur Steuerung notwendiger Peripherie wie der o. a. Anzeige- und Bedieneinheit.

### Anwendungsbeispiele

Im Folgenden sind exemplarisch einige Anwendungsbeispiele dargestellt. Im Prinzip kann jede Applikation verwendet werden, die in der Lage ist, über I<sup>2</sup>C zu kommunizieren, bis hin zur völligen Stand-alone-Lösung mit einem eigenständigen Mikroprozessor.

#### Arduino

In Bild 1 ist zu sehen, wie das Empfangsmodul mit einem Arduino-Board, hier ein Arduino Uno, verbunden wird. Die Spannungsversorgung kann direkt vom Arduino-Board entnommen oder extern über eine andere Spannungsquelle zugeführt werden. Für diese Konstellation steht ein kostenloses Demoprogramm zur Verfügung, in dem auch ersichtlich wird, wie die Library „ELV-Si4705“ verwendet wird. Die Software kann auf der Produktseite vom FM-RM1 [2] heruntergeladen werden. Wie auch im Abschnitt „Programmierung“ erwähnt, muss nach der Initialisierung der Port GPIO1 vom Si4705 auf „low“ gebracht werden, da sonst das Audiosignal stumm geschaltet wird! Die Steuerung kann z. B. direkt über den seriellen Monitor der Arduino-IDE und die beschriebene serielle Verbindung ausgeführt werden. Dabei werden einfach die folgend aufgeführten Befehle in den geöffneten seriellen Monitor eingegeben (x/y durch Ziffern ersetzen):

Befehle (Arduino-Demo)	r	RDS-Text auslesen	
	fxxyy	Frequenz setzen, z. B. „f10490“ für 104,90 MHz	
	m	Audio stummschalten (mute)	
	n	mute aufheben	
	z	Revision auslesen	
	s	Suchlauf	
	t	Tuner-Status abfragen	
	vxx	Lautstärke setzen, z. B. „v63“ max. Pegel (0-63)	
	u	Lautstärke abfragen	

#### Raspberry Pi

Die Verwendung mit einem Raspberry Pi richtet sich an erfahrene Programmierer. Zwar sind im Internet zahlreiche Treiberprogramme für den Si4705 zu finden. Diese müssen aber an die spezielle Hardware unserer Schaltung angepasst werden (siehe auch Abschnitt „Programmierung“).

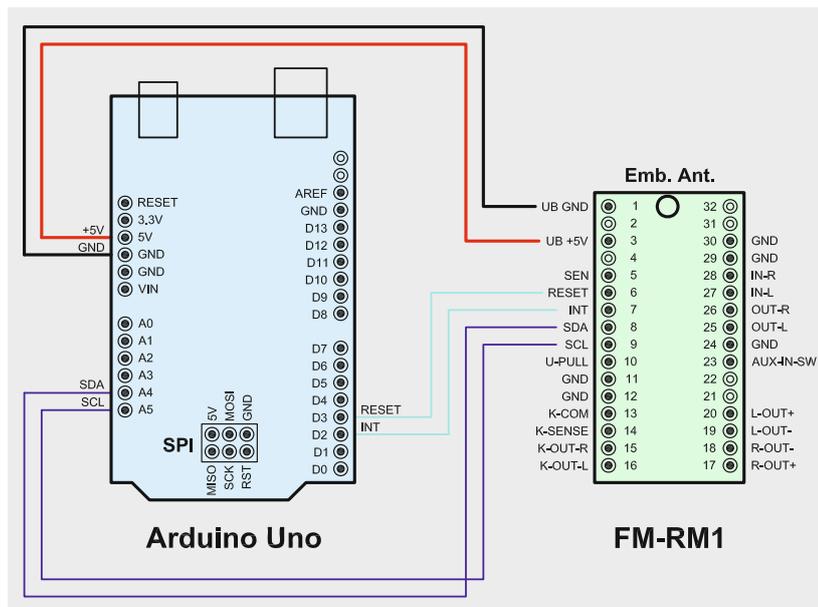


Bild 1: Sämt Stromversorgung erfordert es gerade einmal 6 Leitungen für die Anbindung an ein Mikrocontroller-Steuerungssystem, hier des Arduino Uno.

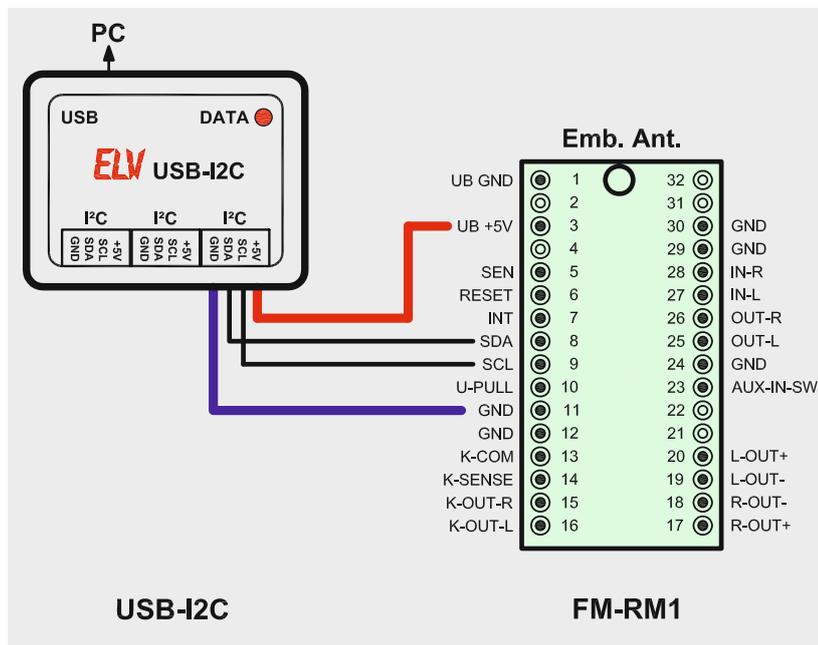


Bild 2: Die einfache Anbindung an den ELV-USB-I<sup>2</sup>C-Adapter

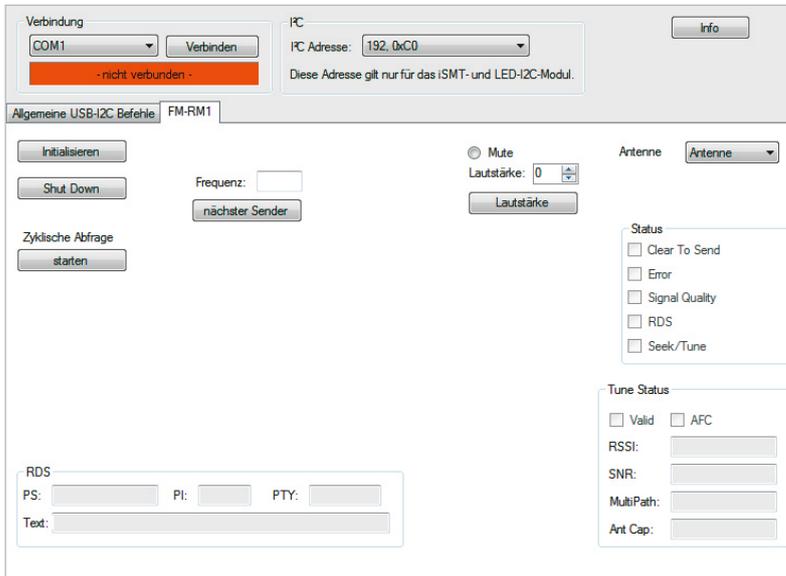


Bild 3: Die Konfiguration und Steuerung erfolgt über das ELV-USB-I²C-Testtool.

### ELV-USB-Adapter

Wer einen ELV-USB-I²C-Adapter [3] zur Verfügung hat, kann mit Hilfe der zugehörigen PC-Software auf einfache Weise die Funktion des FM-Empfangsmoduls prüfen. In Bild 2 ist dargestellt, wie beide Komponenten miteinander verbunden werden.

Zur Ansteuerung wird die kostenlose Software „ELV-USB-I²C-Testtool“ (siehe Bild 3) benötigt, die unter [3] heruntergeladen werden kann. Verwenden Sie bitte immer die neueste Version!

Nach dem Programmstart wird zunächst der Verbindungsport eingestellt. Als Nächstes wird der Reiter „FM-RM1“ ausgewählt und der Button „Initialisieren“ angeklickt. Nun können alle wichtigen Funktionen getestet werden. Die Bedienung ist selbsterklärend.

### Schaltung

Die Schaltung des FM-Receiver Moduls ist in Bild 4 (siehe rechts) zu sehen. Zur besseren Veranschauli-

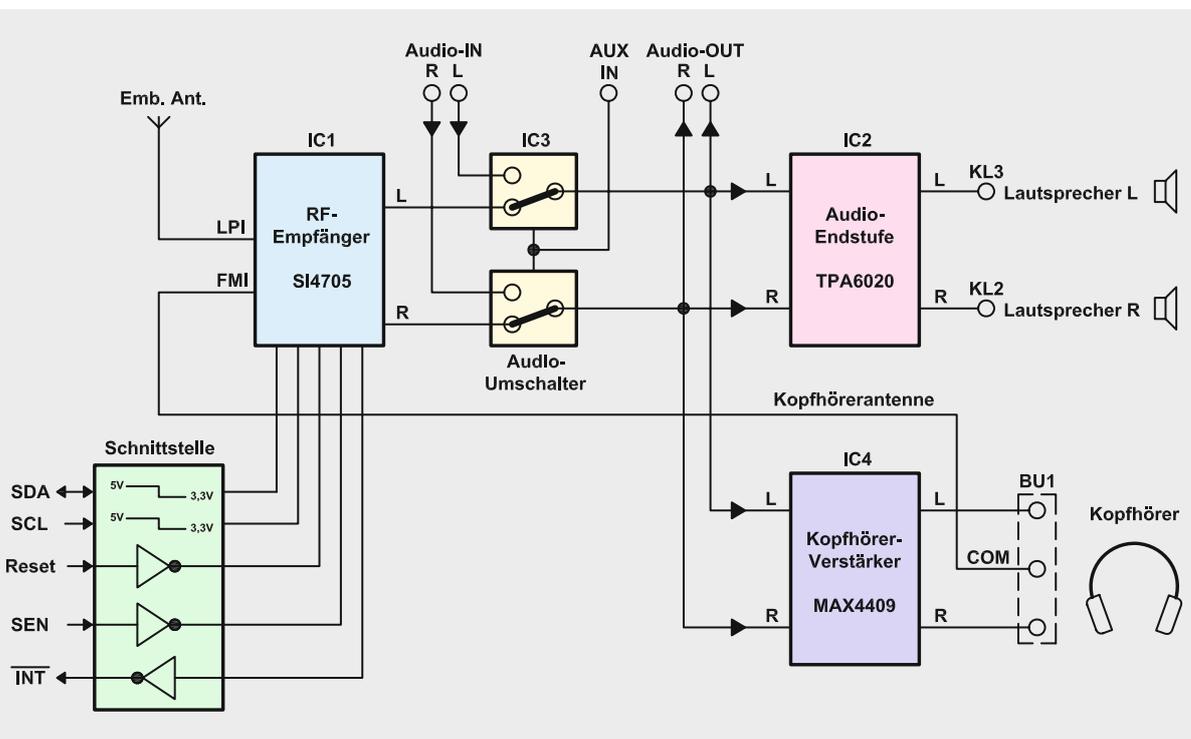


Bild 5: Das Blockdiagramm des Moduls gibt einen schnellen Überblick über alle Funktionsgruppen.

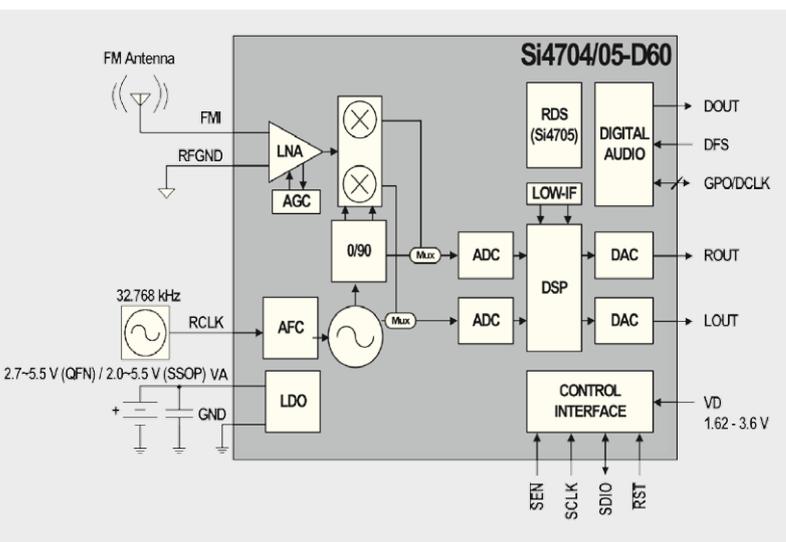


Bild 6: Das Blockschaltbild des Empfängerchips zeigt anschaulich den Mix aus analogen und digitalen Funktionsgruppen.

chung ist in Bild 5 auch ein Blockdiagramm mit den wichtigsten Bestandteilen der Schaltung dargestellt.

Hauptbestandteil und eigentlicher Empfänger ist IC1 vom Typ Si4705. Dieser hochintegrierte Chip arbeitet nahezu ohne die üblichen externen Komponenten wie Spulen oder Filter. Dies gelingt durch reine digitale Signalverarbeitung. Die hervorragenden Empfangseigenschaften werden durch die sehr geringe Bandbreite des Eingangsfilters erreicht. In Bild 6 ist das Blockschaltbild des Si4705 dargestellt, nähere und detaillierte Informationen sind im Datenblatt ersichtlich [4]. Ein Blick in das Blockdiagramm lässt die typische Struktur eines Mixed-Signal-Low-IF-Empfängers mit Frequenzsynthese erkennen. Durch die hier gewählte Mixed-Signal-Architektur ist via DSP eine digitale Steuerung ebenso einfach möglich wie die digital gesteuerte Demodulation und die einfache Anbindung der digitalen RDS-Signalaufbereitung. Der Low-IF-Empfänger basiert auf einem dem gere-

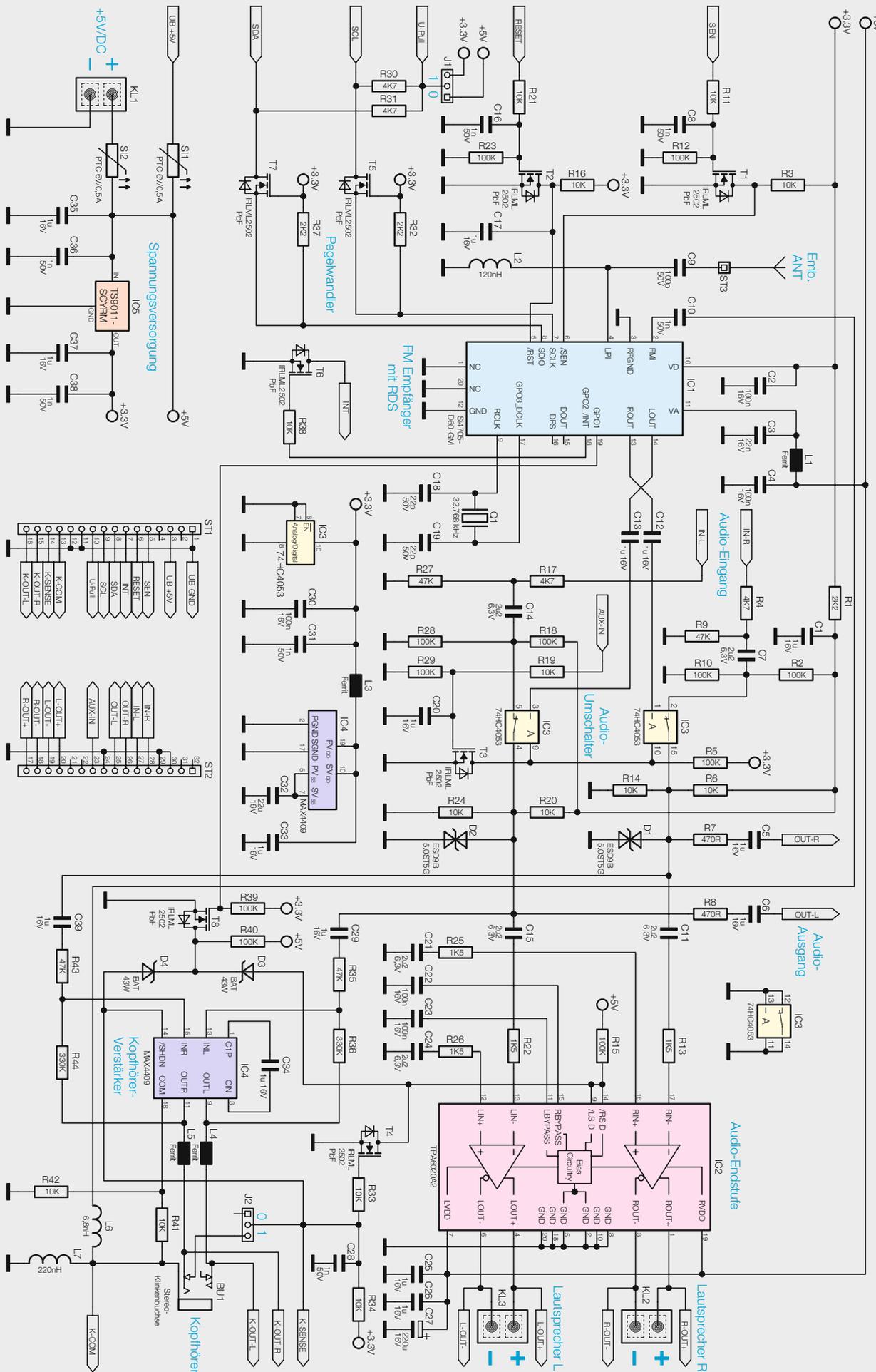


Bild 4: Das Schaltbild des kompletten Empfänger-/Verstärkermoduls



gelten, besonders rauscharmen HF-Signalverstärker nachgeschalteten Image-Reject-Mixer, der mit einem Mehrphasen-Local-Oszillator zusammenarbeitet. Dabei werden die (phasenverschobenen) Eingangssphasensignale (I) und die Quadraturphasensignale (Q) über einen ADC in digitale Signale umgesetzt. Diese Mischerart sticht unter anderem durch eine sehr hohe Spiegelfrequenzsicherheit hervor. Das Low-IF-Prinzip kommt der Architektur entgegen, hierdurch sind keine aufwändigen und platzraubenden LC-Filter, sondern lediglich gut integrierbare und einfacher beherrschbare RC-Filter nötig.

Der Si4705 ist in der Serie 470x das „Topmodell“, denn neben RDS hat dieser Chip noch eine Besonderheit. Ein zusätzlicher Antenneneingang bietet die Möglichkeit, mit einer „Embedded Antenna“ (zu deutsch: integrierte Antenne) zu arbeiten. Hierbei wird eine sehr kurze Antenne (ca. 10–15 cm) verwendet, die mit einem abstimmbaren Vorkreis (LPI) verbunden ist. Dieser Vorkreis wird automatisch auf den besten Empfangspegel abgestimmt. Diese Technik wurde speziell für Handys und Smartphones entwickelt, wo nur begrenzter Raum für eine integrierte Antenne zur Verfügung steht. Nähere Informationen finden sich in der Applikation AN383 von Silabs [5]. Zusätzlich steht noch ein zweiter Antenneneingang zur Verfügung, an dem das Anschlusskabel eines angeschlossenen Kopfhörers als Antenne genutzt werden kann.

Alle wichtigen Anschlussmöglichkeiten sind auch über die Stiftleisten herausgeführt. Das Empfangsmodul ist somit universell einsetzbar.

Kommen wir nun zu den einzelnen Funktionsgruppen. Wie schon erwähnt, ist IC1 der Empfangsschaltkreis. Die Spule L2 gehört zum abstimmbaren Vorkreis und ist mit dem Anschluss „LPI“ von IC1 verbunden.

Für den notwendigen internen Takt ist an den Anschlüssen Pin 9 und Pin 17 ein Quarz mit einer Frequenz von 32,768 kHz angeschlossen. Die beiden Steuersignale SDA und SCL vom I<sup>2</sup>C-Bus werden über einen Pegelwandler geführt, der aus den Transistoren T5 und T7 besteht. So kann sowohl mit 3-V- als auch mit 5-V-Systemen gearbeitet werden. Mit der Steckbrücke (Jumper J1) kann die externe Pull-up-Spannung eingestellt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, über den Anschluss „U-Pull“ die Spannung vom externen Mikrocontrollersystem zu nutzen.

Über den Eingang „Reset“ kann ein interner Reset des Si4705 ausgelöst werden. Nach Anlegen der Betriebsspannung wird mit dem Widerstand R16 und dem Kondensator C17 ein interner Reset ausgeführt. Der Si4705 verfügt über einen 2-Wire- und 3-Wire-Modus. Dieser kann im Einschaltmoment durch die Pegel an GPO1 und SEN ausgewählt werden. Wir haben uns für den 2-Wire-Modus (I<sup>2</sup>C) entschieden, der automatisch nach einem Reset eingestellt wird. Der SEN-Anschluss dient in unserer Hardwarekonstellation zum Selektieren der I<sup>2</sup>C-Adresse (siehe „Programmierung“).

Der Interruptausgang kann zur Signalisierung für den Suchlauf genutzt werden. Wird nach Suchlaufstart (Scan) ein Sender gefunden und der Suchlauf stoppt, wird der INT-Ausgang auf Low-Pegel geschaltet.

Der signaltechnische nächste Funktionsblock ist der Audioumschalter, der aus IC3 besteht. Hiermit kann ein externes Audiosignal (IN-L, IN-R) in den Signalweg eingespeist werden. Die Umschaltung geschieht über den Steuereingang „AUX-IN“. Hier ist anzumerken, dass eine Lautstärkenregulierung für das externe Audiosignal nicht möglich ist.

Es stehen zwei separate Audioverstärker zur Verfügung: IC2 ist für die Ansteuerung von an den Baustein anschließbaren Lautsprechern zuständig, während der zweite Verstärker IC4 ein Kopfhörerverstärker ist. An die Klemmen KL2 und KL3 bzw. an die korrespondierenden Kontakte der Stiftleiste ST1 und ST2 können Lautsprecher mit einer Impedanz von 4–16  $\Omega$  angeschlossen werden. Beim Einstecken des Kopfhörersteckers wird der Audio-Verstärker IC2 und somit die angeschlossenen Lautsprecher abgeschaltet. Dies wird über einen zusätzlichen Schaltkontakt in der Klinkenbuchse erreicht (siehe auch „Elektronikwissen“). Über R34 wird eine Spannung auf den zusätzlichen Schaltkontakt von BU1 gegeben. Wird der Klinkenstecker eingesteckt, ist die Verbindung nach Masse getrennt und die Spannung steigt auf 3,3 V an. Transistor T4 invertiert dieses Signal und schaltet über die Stand-by-Eingänge (Pin 9 und Pin 14) den Verstärker IC2 aus. Gleichzeitig wird über ein High-Signal an Pin 14 (SHDN) der Kopfhörerverstärker IC4 aktiviert. Es kann also immer nur einer der beiden Verstärker aktiv sein.

Falls eine zusätzliche externe Klinkenbuchse angeschlossen wird, muss der Jumper J2 geöffnet sein (Stellung 0).

Mit dem Transistor T8 können beide Verstärkerstufen gleichzeitig stumm geschaltet und der systembedingte Einschaltklick des Si4705 unterdrückt werden. Gesteuert wird T8 über den Port GPO1 vom Si4705, d. h., es muss mit einem entsprechenden I<sup>2</sup>C-Befehl der Port GPO1 nach dem Initialisieren auf „low“ gesetzt werden. Das waren alle wichtigen Funktionsblöcke in der Übersicht. Zu erwähnen ist noch der Spannungsregler IC5, der eine stabile Spannung von 3,3 V zur Verfügung stellt.

## Programmierung

Für die Programmierung ist das Dokument AN332 [6] unumgänglich. Hier sind alle Register und Funktionen aufgeführt. Bei der Anwendung mit dem Arduino gibt es ja, wie erwähnt, ein Demoprogramm und eine fertige Library. In allen anderen Fällen ist Selbstprogrammieren angesagt.

Hier noch einige wichtige Infos dazu: In der Initialisierungsphase müssen der 2-Wire-Modus und der interne Takt (Quarz) gewählt werden.

Nach Anlegen der Versorgungsspannung wird hardwaremäßig automatisch der 2-Wire-Modus aktiviert. Im Einschaltmoment müssen die Pegel an SDA und SCL auf „high“ liegen. Bevor der erste Befehl gesendet wird, sollte eine Wartezeit von ca. 100 ms eingehalten werden.

Hier eine grobe Übersicht, was bei der Initialisierung zu tun ist:

- PowerUp-Befehl mit XOSCEBN und GPO20EN
- Mind. 100 ms warten
- Konfiguration Antenne, Deemphasis, RDS etc.
- Mute deaktivieren → GPIO1 als Output und Low-Pegel
- Sender einstellen
- Lautstärke einstellen

Als Beispiel für einen detaillierten Ablauf kann das Demoprogramm [2] bzw. die Library für das Arduino-Board herangezogen werden.

## Nachbau

Der Nachbau beschränkt sich auf die Bestückung der relativ wenigen bedrahteten Bauteile, da alle SMD-Bauteile vorbestückt sind. Nach einer Bestückungskontrolle der SMD-Bauteile anhand von Platinenfotos (Bild 7), Bestückungsplan und Stückliste geht es an das Bestücken der restlichen Bauteile. Zu bestücken sind die Anschlussklemmen KL1 bis KL3 sowie die Klinkenbuchse BU1 und die beiden Stiftleisten. Die Position der fehlenden Bauteile ist am Bestückungsaufdruck ersichtlich. Nach dem Einsetzen der Bauteile werden auf der Platinenunterseite die Anschlüsse verlötet. Die beiden 16-poligen Stiftleisten werden, wie

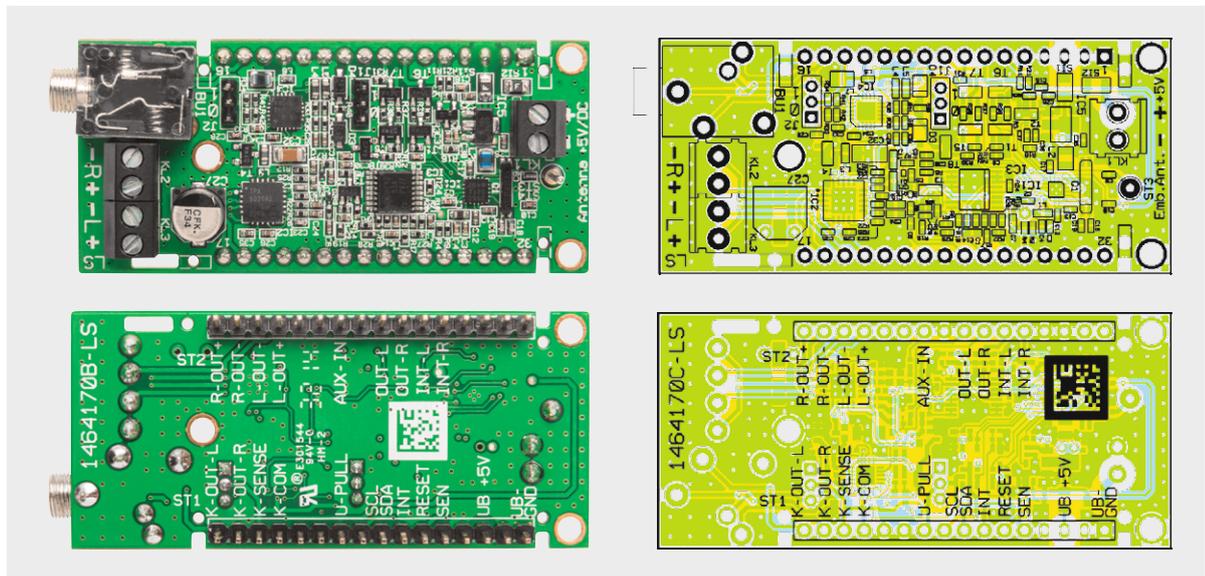


Bild 7: Die Platinenfotos des komplett bestückten Moduls, rechts daneben die zugehörigen Bestückungspläne

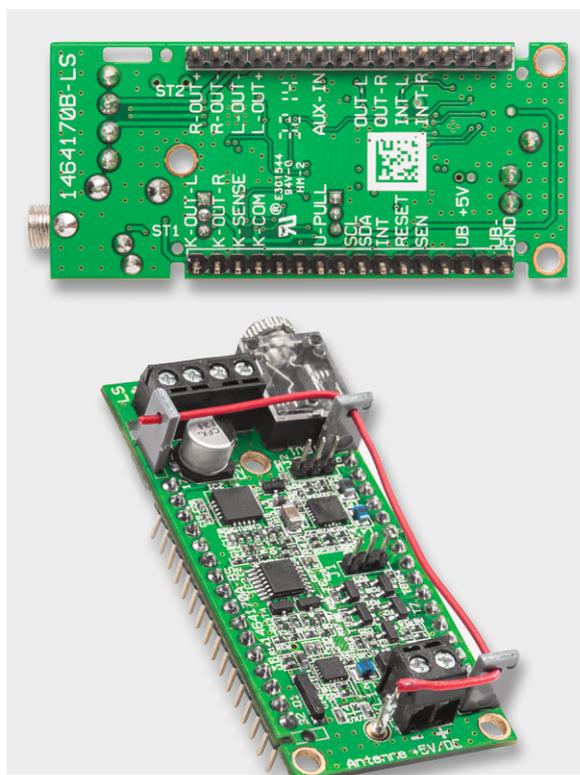


Bild 8: Die Stiftleisten des Moduls sind von der Unterseite der Platine her einzusetzen und auf der Oberseite zu verlöten.



Bild 9: Die Anschlussbelegung des Moduls

in Bild 8 zu sehen, von der Platinenunterseite eingesetzt und auf der Platinenoberseite verlötet. Für die Montage des Moduls in der Zielanwendung liegen dem Bausatz entsprechende Buchsenleisten bei.

### Installation

Bei der Inbetriebnahme ist unbedingt darauf zu achten, dass die Versorgungsspannung genau im Bereich von 5–5,5 V liegen muss. Eine höhere Betriebsspannung führt zur Zerstörung des Empfängerschaltkreises!

Zum Anschluss der Betriebsspannung können die Klemme KL1 bzw. die Anschlusspunkte Pin 3 (+) und Pin 1 (-) der Stiftleiste ST1 verwendet werden. In Bild 9 ist die Anschlussbelegung des Moduls und

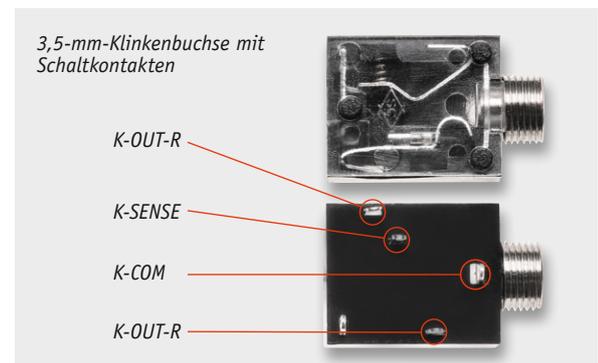


Bild 10: So erfolgt der Anschluss einer externen Klinkensteckerbuchse an ST1.



## Beschreibung der Anschlusspins

Pin Nr.	Bezeichnung	Funktion
1	UB-GND	Masse-Anschluss (-) für die Versorgungsspannung Hinweis! Alle GND-Anschlüsse sind miteinander verbunden
2		frei/ungenutzt
3	UB +5V	+ 5-V-Versorgungsspannung (max. 500 mA Stromaufnahme) Hinweis! Die Spannung darf max. 5,5 V betragen
4		frei/ungenutzt
5	SEN	Normalzustand ist „low“ (unbeschaltet), kann zur Adressierung der I <sup>2</sup> C-Adresse genutzt werden
6	RESET	Normalzustand ist „low“ (unbeschaltet), High-Pegel (2–12 V) löst einen Reset aus
7	INT	Interrupt-Ausgang
8	SDA	I <sup>2</sup> C-Datenleitung
9	SCL	I <sup>2</sup> C-Clockleitung
10	U-Pull	externe Pull-up-Spannung
11	GND	Masse-Anschluss (-)
12	GND	Masse-Anschluss (-)
13	K-COM	Masse-Anschluss Kopfhörer
14	K-SENSE	Kopfhörererkennung („low“ = kein Kopfhörer)
15	K-OUT-R	Kopfhörerausgang R
16	K-OUT-L	Kopfhörerausgang L
17	R-OUT -	Lautsprecherausgang R -
18	R-OUT +	Lautsprecherausgang R +
19	L-OUT -	Lautsprecherausgang L -
20	L-OUT +	Lautsprecherausgang L +
21		frei/ungenutzt
22		frei/ungenutzt
23	AUX-IN	Steuerleitung für externes Audiosignal „low“ = Radio/„high“ = externes Audiosignal
24	GND	Masse-Anschluss (-)
25	OUT-L	Line-Ausgang für L
26	OUT-R	Line-Ausgang für R
27	IN-L	Line-Eingang für L
28	IN-R	Line-Eingang für R
29	GND	Masse-Anschluss (-)
30	GND	Masse-Anschluss (-)
31		frei/ungenutzt
32		frei/ungenutzt

Tabelle 1

in der [Tabelle 1](#) die dazugehörige Beschreibung der einzelnen Pins dargestellt. Für die Montage auf z. B. einer Lochrasterplatine oder der eigenen Applikation liegen dem Bausatz passende Buchsenleisten bei. Wie das Modul über den I<sup>2</sup>C-Bus angeschlossen wird, ist im Abschnitt „Anwendungsbeispiele“ dargestellt. Auf der Platine muss unbedingt der Jumper J1 auf die richtige Spannung des Hostcontrollers eingestellt werden. Da der Arduino im Normalfall mit einem 5-V-Bus arbeitet, ist in diesem Fall die Schalterstellung „0“ (5 V) zu wählen. Bei 3-V-Systemen ist die Stellung „1“ zu wählen.

Soll nicht der auf der Platine befindliche Kopfhöreranschluss (3,5-mm-Klinkenbuchse), sondern eine andere externe Buchse verwendet werden, muss dann diese, wie in [Bild 10](#) dargestellt, an Stiftleiste ST1 angeschlossen werden. Hierbei ist zu beachten, dass eine Stereoklinkenbuchse mit Schaltkontakt verwendet wird. Der Schaltkontakt dient zum Deaktivieren der Lautsprecherausgänge beim Einstecken des Kopfhörersteckers. In diesem Fall ist der Jumper in Stellung „0“ zu bringen (Klinke angeschlossen).

Bei der Verwendung der Audioausgänge (Line-OUT) über die Stiftleistenkontakte ST2 sollte beachtet werden, dass die Pegel relativ gering sind! Umgekehrt kann auch ein Audiosignal in den Verstärkerzweig eingespeist werden. Hierzu muss der Schalteingang „AUX-IN“ auf High-Pegel gelegt werden. Eine Pegelanpassung (Absenkung) kann mit zwei Trimmern, wie in [Bild 11](#) zu sehen, vorgenommen werden. Hier sei noch mal erwähnt, dass bei einem extern eingespeisten Audiosignal keine Lautstärkenregelung vorgenommen werden kann.

Abschließend noch ein Hinweis zum Thema Störeinstrahlung: Was der Si4705 überhaupt nicht mag, sind elektrische Störungen in unmittelbarer Nähe. Ein Mikrocontroller erzeugt, ebenso wie ein Schaltregler, im Regelfall immer ein Störfeld. Hier sollte man einen möglichst großen Abstand halten bzw. Abschirmungen einsetzen.

Aber auch über die beiden I<sup>2</sup>C-Steuerleitungen können Störungen bis zum Empfängerchip vordringen. Hier hilft eine Entstörmaßnahme wie in [Bild 12](#) dargestellt. Es handelt sich hierbei um einen Tiefpass, der leicht aus wenigen Bauteilen zu realisieren ist. Für den Chip-Ferrit sollte ein Typ gewählt werden, der bei ca. 100 MHz eine möglichst hohe Impedanz aufweist. Hinter der im Bild angegebenen Bestellnummer verbirgt sich eine bedrahtete Versi-

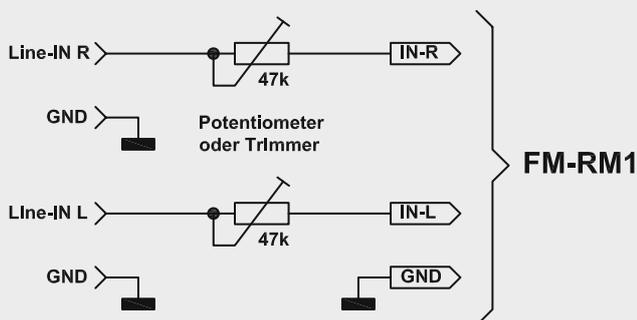


Bild 11: Für die Pegelanpassung des AUX-IN-Eingangs sind 2 Trimmer einzusetzen.

**Wichtiger Hinweis:**

Für ausreichenden ESD-Schutz und weil sich die Verstärkerplatine erwärmen kann, muss die Platine berührungssicher in ein geeignetes Gehäuse eingebaut werden.



on. Es können aber auch SMD-Varianten eingesetzt werden.

Grundsätzlich kann man sagen, dass sich Schaltregler und Mikrocontroller in der Nähe des Empfangsmoduls negativ auf die Empfangseigenschaften auswirken.

### Wahl der richtigen Antenne

Zu einem möglichst störungsfreien Empfang gehört immer eine gute Antenne. Der in unserer Schaltung verwendete Si4705 ist speziell für Handys und sonstige mobile Geräte mit geringem Platzbedarf entwickelt worden.

Als Antenne kann ein einfacher Draht verwendet werden, der am Anschlusspunkt ST3 (Emb. Ant.) angeschlossen wird. Ab einer Länge von ca. 10 cm kann man schon mit guten Empfangsergebnissen rechnen. Wenn die Schaltung in ein Gehäuse eingebaut wird und nur wenig Platz für eine Antenne vorhanden ist, können auch die auf der Platine montierbaren Antennenhalter (Bild 13) verwendet werden. Bessere Ergebnisse erzielt man mit einer aufrechten Stellung der Antenne. Je länger die Antenne, desto besser sind auch die Empfangsergebnisse. Dies gilt aber nur bis zu einer Länge von 100 cm. Der Si4705 verfügt über einen abstimmbaren Eingangskreis, der automatisch auf den höchsten Empfangspegel abgeglichen wird. Dieser Abstimmwert (Ant-Cap.) lässt sich über I<sup>2</sup>C (z. B. mit der USB-I<sup>2</sup>C-Testsoftware) auslesen. Ist dieser Wert im Bereich von 0 bis 192, ist der Vorkreis optimal abgestimmt. Sind die Werte nahe bei 0 oder dem Endwert 192, ist die Antenne zu lang oder kurz.

Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung des Kopfhörer-Anschlusskabels. Hierbei dient das Kabel zum Kopfhörer als Antenne. Um diese Funktion nutzen zu können, muss ein spezielles Register im Si4705 gesetzt werden, wodurch der Antenneneingang „FMI“ aktiviert wird. ELV

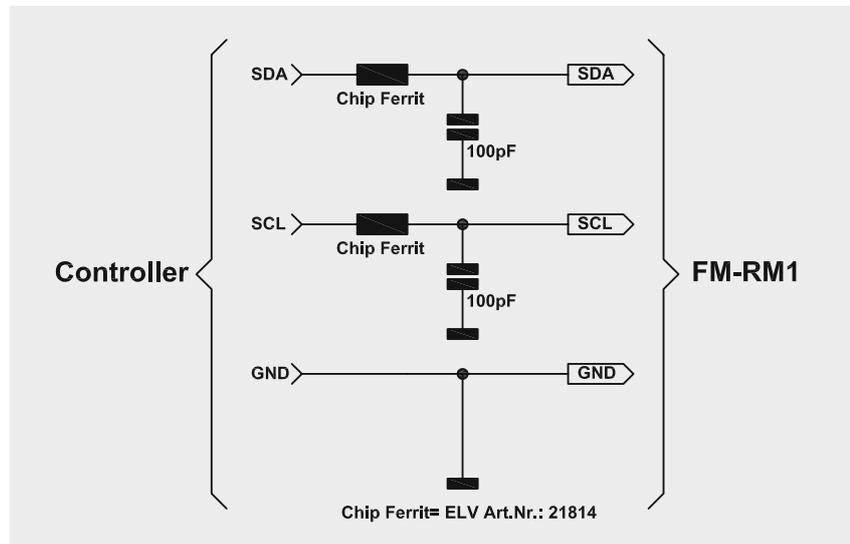


Bild 12: Das Schaltbild der Entstörung für den I<sup>2</sup>C-Bus

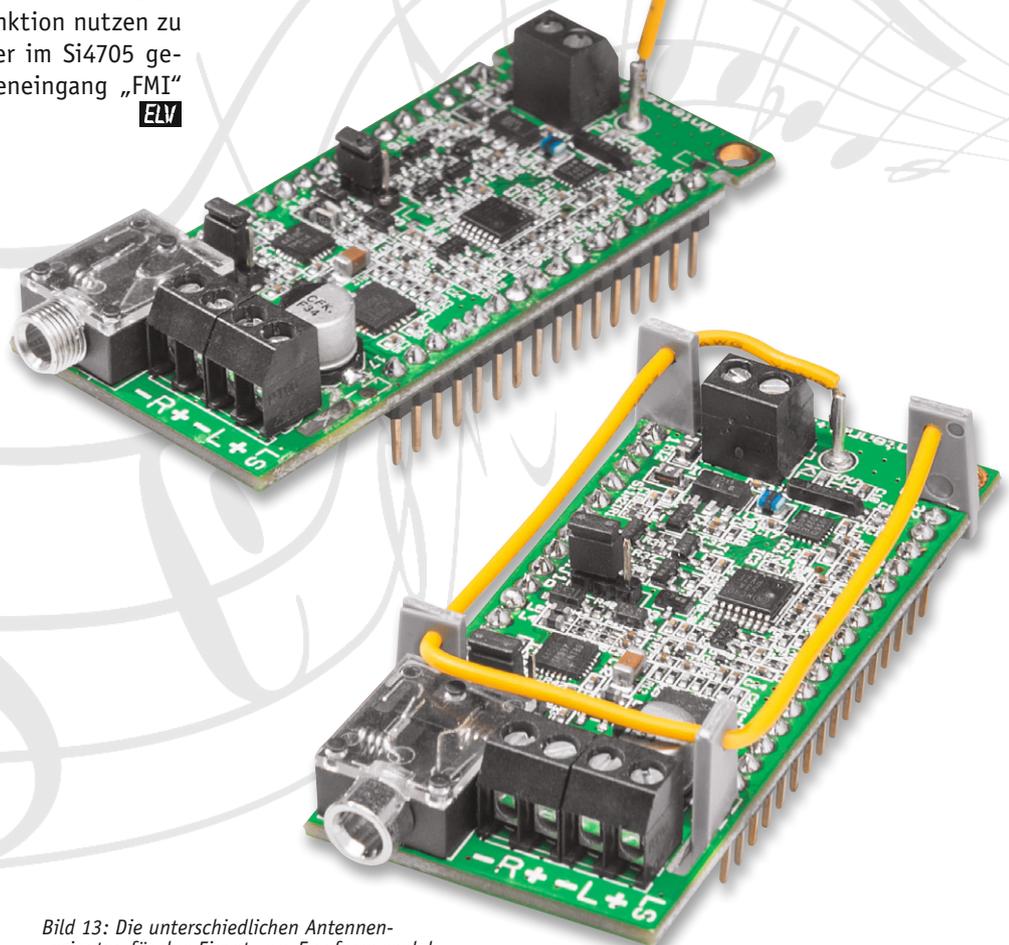


Bild 13: Die unterschiedlichen Antennenvarianten für den Einsatz am Empfangsmodul

**Widerstände:**

470 Ω/SMD/0402	R7, R8
1,5 kΩ/SMD/0402	R13, R22, R25, R26
2,2 kΩ/SMD/0402	R1, R32, R37
4,7 kΩ/SMD/0402	R4, R17, R30, R31
10 kΩ/SMD/0402	R3, R6, R11, R14, R16, R19–R21, R24, R33, R34, R38, R41, R42
47 kΩ/SMD/0402	R9, R27, R35, R43
100 kΩ/SMD/0402	R2, R5, R10, R12, R15, R18, R23, R28, R29, R39, R40
330 kΩ/SMD/0402	R36, R44

**Kondensatoren:**

22 pF/50 V/SMD/0402	C18, C19
100 pF/50 V/SMD/0402	C9
1 nF/50 V/SMD/0402	C8, C10, C16, C28, C31, C36, C38
22 nF/16 V/SMD/0402	C3
100 nF/16 V/SMD/0402	C2, C4, C22, C23, C30
1 µF/16 V/SMD/0402	C1, C5, C6, C12, C15, C17, C20, C25, C26, C29, C33–C35, C37, C39
2,2 µF/SMD/0603	C7, C11, C14, C15, C21, C24
22 µF/16 V/SMD/1206	C32
220 µF/16 V	C27

**Halbleiter:**

Si4705-D60-GM/SMD/QFN	IC1
TPA6020A2/SMD	IC2
CD74HC4053PW/SMD/TSSOP16	IC3
MAX4409ETP/SMD	IC4
TS9011SCY RM/SMD	IC5
IRLML2502PbF/SMD	T1–T8
BAT43W/SMD	D3, D4
ESD9B5.0ST5G/SMD	D1, D2

**Sonstiges:**

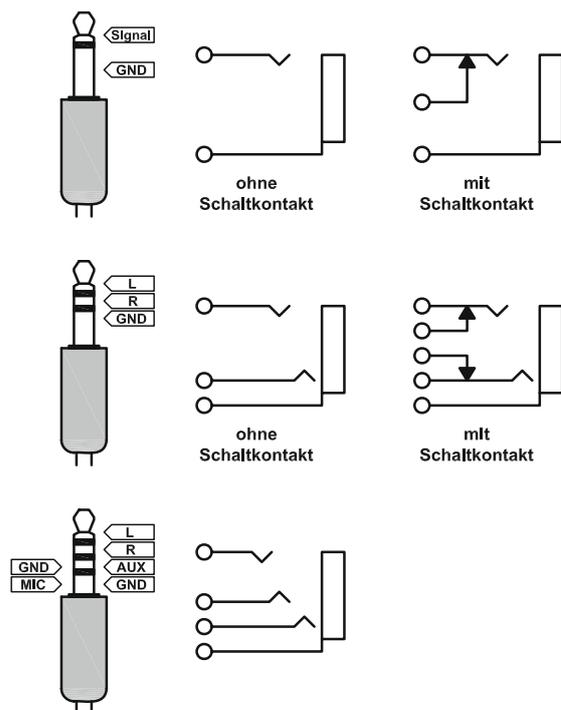
Chip-Ferrite, 1 kΩ @ 100 MHz, 0603	L1, L3–L5
SMD-Induktivität, 120 nH, 0805	L2
SMD-Induktivität, 6,8 nH, 0402	L6
SMD-Induktivität, 220 nH, 0805	L7
Quarz, 32,768 kHz, SMD	Q1
PTC, 0,5 A, 6 V, SMD, 0805	SI1, SI2
Klinkenbuchse, 3,5 mm, stereo, print	BU1
Schraubklemmen, 2-polig, RM=3,5 mm	KL1–KL3
Stiftleisten, 1x 16-polig, gerade, print	ST1, ST2
Lötstift, 1 mm	ST3
Stiftleisten, 1x 3-polig, RM = 2,0 mm, gerade, print	J1, J2
Jumper, RM = 2,0 mm	J1, J2
2 Buchsenleisten, 1x 16-polig, print, gerade	
4 Antennenhalter für Platinen	
15 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm², rot	

**Weitere Infos:**

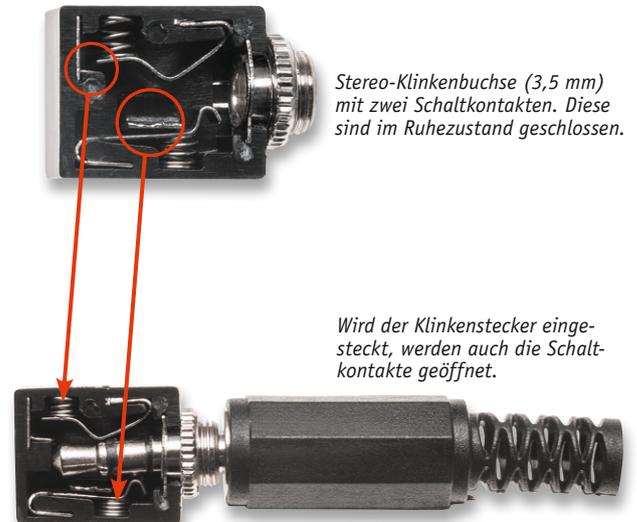
- [1] Wiki UKW-Empfang: <http://de.wikipedia.org/wiki/UKW-Rundfunk>
- [2] Produktseite FM-RM1: [www.elv.de](http://www.elv.de) – Webcode: #1329
- [3] ELV-USB-I²C-Adapter: [www.elv.de](http://www.elv.de) – Webcode: #1330
- [4] Datenblatt Si4705:  
<http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/Si4704-05-D60.pdf>
- [5] Application-Note AN383:  
<http://www.silabs.com/support%20documents/technicaldocs/an383.pdf>
- [6] Programming Guide AN332:  
<http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/AN332.pdf>



## Der Klinkenstecker



Anschlussbelegung des Klinkensteckers in der Audiotechnik



Stereo-Klinkenbuchse (3,5 mm) mit zwei Schaltkontakten. Diese sind im Ruhezustand geschlossen.

Wird der Klinkenstecker eingesteckt, werden auch die Schaltkontakte geöffnet.

Klinkenstecker gibt es schon seit dem 19. Jahrhundert. Hier wurden sie zunächst in der telefonischen Handvermittlung eingesetzt, deren Technik und Handhabung teilweise in heutigen Feldvermittlungen fortlebt. Der Klinkenstecker ist eine platzsparende, robuste Steckverbindung für die Kontaktierung von bis zu vier Signalen. Durch die Ausführung des Gegenstücks, der Klinkenbuchse, sind dabei nicht nur die einfache Signalweiterleitung, sondern auch vielfältige Schaltfunktionen möglich. Heute finden Klinkenstecker-Verbindungen vorwiegend in der Audiotechnik ihre Anwendung, vom Kopfhörerstecker bis hin zur professionellen Musikelektronik. Der früher gebräuchliche Einsatz von Klinkensteckerverbindungen für die Stromversorgung von elektronischen Geräten wird heute wegen der erhöhten Kurzschlussgefahr beim Stecken und Trennen nicht mehr angewendet.

**2,5 mm:** 1/10", für besonders kleine Geräte wie Headsets für Mobiltelefone oder Mediaplayer. Findet auch Verwendung zur Datenübertragung bei manchen Taschenrechnern oder für Kabelauslöser bei Fotoapparaten. Ebenfalls bei Stereoanlagen zur Synchronisation von CD-Spieler und Tape-Deck verwendet. Diese Steckergröße ist bekannt als „Micro-Klinke“.

**3,5 mm:** Meist an tragbaren Geräten (Mediaplayer), Soundkarten und kleinen Kopfhörern. Auch „Miniklinke“ oder „kleine Klinke“ genannt.

**4,4 mm:** Wird im professionellen Tonstudiobereich verwendet. Dieser auch als Bantam-Stecker bekannte Klinkenstecker kommt aus der Telefontechnik und hat ge-

genüber den normalen Klinkensteckern den Vorteil, dass durch die unterschiedlichen Durchmesser von Spitze und Ring Kurzschlüsse beim Stecken vermieden werden.

**5,23 mm:** Im militärischen Bereich und in der allgemeinen Luftfahrt für Kommunikationsgeräte mit besonderer Zugentlastung und in militärischen Kopfsprechhörern für Cockpits. Auch „Pilotenklinke“ genannt.

**6,35 mm:** 1/4", an Stereoanlagen und fast allen Geräten aus der Musikproduktion wie Mischpulten, Effektgeräten, Synthesizern, Keyboards, E-Pianos, E-Gitarren und Gitarrenverstärkern. Sie sind mechanisch ausreichend belastbar und besitzen eine große Kontaktfläche. Auch „große Klinke“ oder „Poststecker“ genannt, Letzteres wegen der Verwendung dieses Formats in alten Telefon-Handvermittlungen.

**7,13 mm:** Ausschließlich in der militärischen Luftfahrt genutzt, auch „NATO-Plug“ genannt.

Einige Bauformen sind zusätzlich mit Schaltkontakten ausgestattet. Dies ist sinnvoll, wenn durch Einstecken eine Aktion ausgelöst werden soll. Dies kann sein, wenn z. B. die Lautsprecher eines Gerätes bei Verwendung eines Kopfhörers abgeschaltet werden sollen.

Im Bild oben ist eine 3,5-mm-Klinkenbuchse dargestellt, bei der die Kontakte gut sichtbar sind. Im Normalfall sind die Schaltkontakte geschlossen. Erst wenn der Stecker eingeführt wird, öffnen sich die Kontakte.

Unter Verwendung von: <http://de.wikipedia.org/wiki/Klinkenstecker>