

# Einfache Selbstbaukonzepte für SDR-Transceiver

Dr.-Ing. Bodo Scholz, DJ9CS

## 1. Einleitung

Das Konzept Software Defined Radio (SDR) wird immer beliebter. Ein Grund sind die frei verfügbaren Programme und die sehr einfache Hardware. Seit einigen Jahren finden sich in den Amateurfunkzeitschriften und im Internet viele Anregungen für eigene Experimente. Um diese interessante Technologie einem weiten Kreis von Funkamateuren nahe zu bringen, stehen aus verschiedenen Quellen Bausätze für einfache SDR Empfänger zur Verfügung. Verbreitet sind die SoftRock-Empfänger Module werden von Tony Parks [1, 2, 3] oder die Einsteiger-Kits vom FUNKAMATEUR Verlag [5]. Auch Siniša Tasić, Tasa, YU1LM stellt im Internet viele Anregungen für den Selbstbau zur Verfügung [6]. Der sogenannte ELEKTOR Empfänger von Burkhard Kainka, DK7JD gehört in diese Reihe [7]. Neben den Anregungen für reine Empfänger gibt es auch einige für SDR-Transceiver. Hier sollen zwei solche Bausätze bzw. Konzepte beispielhaft vorgestellt werden.

## 2. Einfache SDR-Transceiver Konzepte

Zuvor einige Anmerkungen zum grundsätzlichen Aufbau dieser Transceiver. Alle diese Konzepte arbeiten mit minimaler Hardware und einem PC mit einer guten Soundkarte, die Stereo-Line-In und Stereo-Line-Out besitzt und die Analog-Digital- beziehungsweise Digital-Analog-Umsetzung übernimmt. Die gesamte Signalaufbereitung, wie Demodulation und Berechnung der Modulationssignale geschieht im Rechner. Die Hardware besteht auf der Empfängerseite (Bild 1) aus einem Bandfilter für das jeweilige Amateurfunkband und einem sogenannten I/Q-Mischer aufgebaut mit Schalter-ICs, die mit zwei um 90° phasenverschobenen Signalen angesteuert werden [1]. Am Ausgang stehen dann im niederfrequenten Bereich zwei orthogonale Basisbandsignale, das I- (Inphase) und Q- (Quadrature Phase) Signal zur Weiterverarbeitung zur Verfügung.

Die 90° phasenverschobenen Signal werden mit Hilfe eines Ringzählers von der vierfachen Mischfrequenz abgeleitet. Schaltungseinzelheiten können den unten folgenden Abbildungen entnommen werden. Für diesen Typ Empfangsmischer wird häufig auch die Bezeichnung 'Quadrature Sampling Detecor' (QSD) genutzt.

Auf der Sendeseite sieht es nun symmetrisch zum Empfangsbetrieb aus. Aus der Soundkarte werden zwei um 90° phasenverschobene niederfrequente Signale angeboten, die mit einem Schaltermischer, hier nun als 'Quadrature Sampling Exciter' (QSE) bezeichnet, auf die Sendefrequenz hochgemischt werden (Bild 2). Wichtig ist ein Filter direkt hinter der Mischstufe. Am Ausgang des Mixers steht nämlich ein sehr breites Spektrum mit allen Harmonischen der Mischfrequenz an. Im Bild 3 zeigt ein Beispiel gemessen am Ausgang der Schaltung Bild 8. Einzelheiten und weitere Anregungen sind den beiden folgenden Schaltungen zu entnehmen.

### **3. Der SDR-Transceiver SoftRock RXTXv6.2**

Nach dem Erfolg der verschiedenen Varianten der SoftRock Empfänger Module folgte durch Tony Parks, KB9YIG die konsequente Weiterentwicklung zum SDR Transceiver [8, 3]. Die aktuelle Version RXTXv6.2 ist mit der Schaltung in den Bildern 4 und 5 wiedergegeben., die auf einer kleinen Platine von den Abmessungen ca. 90mm x 65mm realisiert wird. Alle integrierten Schaltungen sind SMD-Typen, ebenso die keramischen Abblockkondensatoren von 100nF, alles andere sind herkömmliche Bauteile. Auf den Fotos der bestückten Platine (Bild 6 und 7) eines 80m Transceivers sind Einzelheiten zu erkennen. Kern dieses Entwurfes ist der integrierte Schaltkreis FST3253 von Fairchild, ein FET Busschalter / Multiplexer mit einem niedrigen  $R_{on}$  von etwa 4 Ohm. Die Baugruppen entsprechend den obigen Prinzipschaltbildern und sind schnell zu identifizieren. Auf der Sendeseite wird auf die niederohmige Ansteuerung des FST3253 durch die TLV2462C hingewiesen. Passend zu den 4 Eingängen des Multiplexers werden aus den I/Q-Signalen der Soundkarte 4 Signale in den Phasenlagen  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  gewonnen. Ergänzend enthält die Schaltung Elemente zur Steuerung der Sende-Empfangsumschaltung. Die Empfindlichkeit des Empfängers beträgt bei einem Wert  $MDS = -125dBm$  bei 500 Hz Bandbreite. Die Ausgangsleistung für linearen Betrieb ist 1 Watt. Eine detaillierte Beschreibung zum RXTX ist in [9] zu finden.

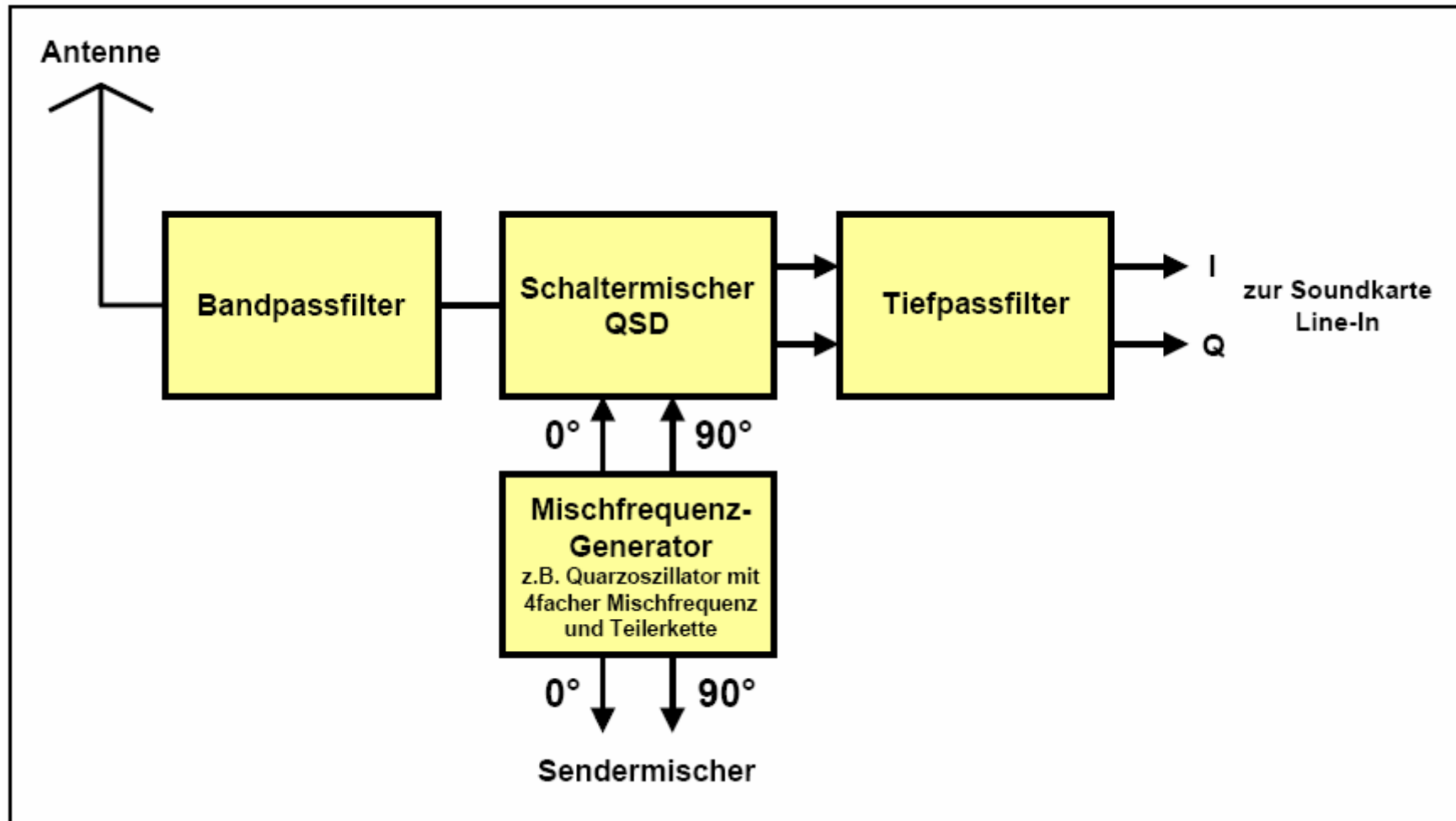
### **4. SDR Transceiver von YU1LM**

Der Auf- bzw. Nachbau der SoftRock Transceiver bereitet vielen Funkamateuren aufgrund der teilweise eingesetzten SMD Bauteilen und der zu wickelnden Transformatoren auf kleinen Ring- und Doppellochkernen erhebliche Probleme. Hier bietet Tasa, YU1LM mit seinen Entwürfen eine gute Alternative. Seine SDR Transceiver mit den Bezeichnungen ADTRX und AVALA nutzen nur herkömmliche Bauteile. Es werden zwar keine Bausätze angeboten, aber Tasa stellt im Internet sehr ausführliche Informationen zur Verfügung [10]. Bild 8 zeigt die Schaltung des ADTRX2 ohne zugehörige Steuerung und Filter. Die Schaltung des AVALA-01 beschreibt einen Monoband Transceiver, der im Kern mit dem ADTRX2 identisch ist. Es kommen nur die Sende-Empfangsumschaltung durch den PC, der Oszillator, eine PA und ein Bandpassfilter für das jeweilige Band hinzu. Als Schalter werden im Mischer hier die ICs vom Typ SN74HC4066N. Ansonsten sind auch hier die Baugruppen entsprechend den Prinzipschaltbildern (Bild 1 und 2) gut zu identifizieren.

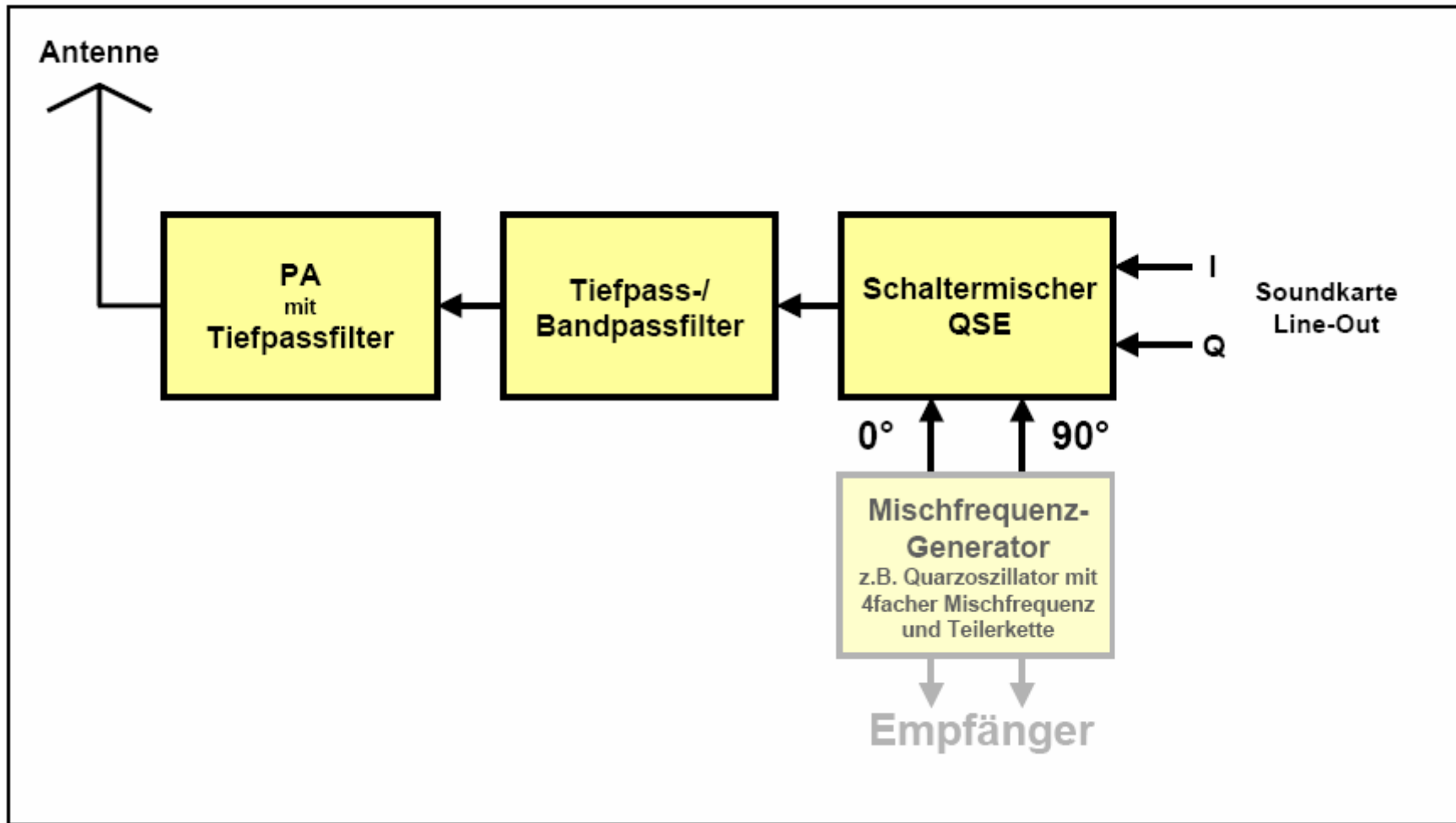
Ich habe einen Transceiver AVALA-01 aufgebaut (Bild 9). Die Eigenschaften des Empfängers sind vergleichbar mit dem SoftRock RXTXv.6.2. Im Senderteil ist die Treiber-/PA-Stufe mit dem 2N3866 und IRF510 zu überarbeiten, da die Linearität nicht ausreicht, um die Vorschriften bezüglich Nebenwellenausstrahlung zu erfüllen. Hier besteht die Empfehlung einen modernen FET RD16HHF1 einzusetzen, der schon bei niedrigen Betriebsspannungen von 12 V eine gute Linearität gewährleistet.

## **5. Zusammenfassung**

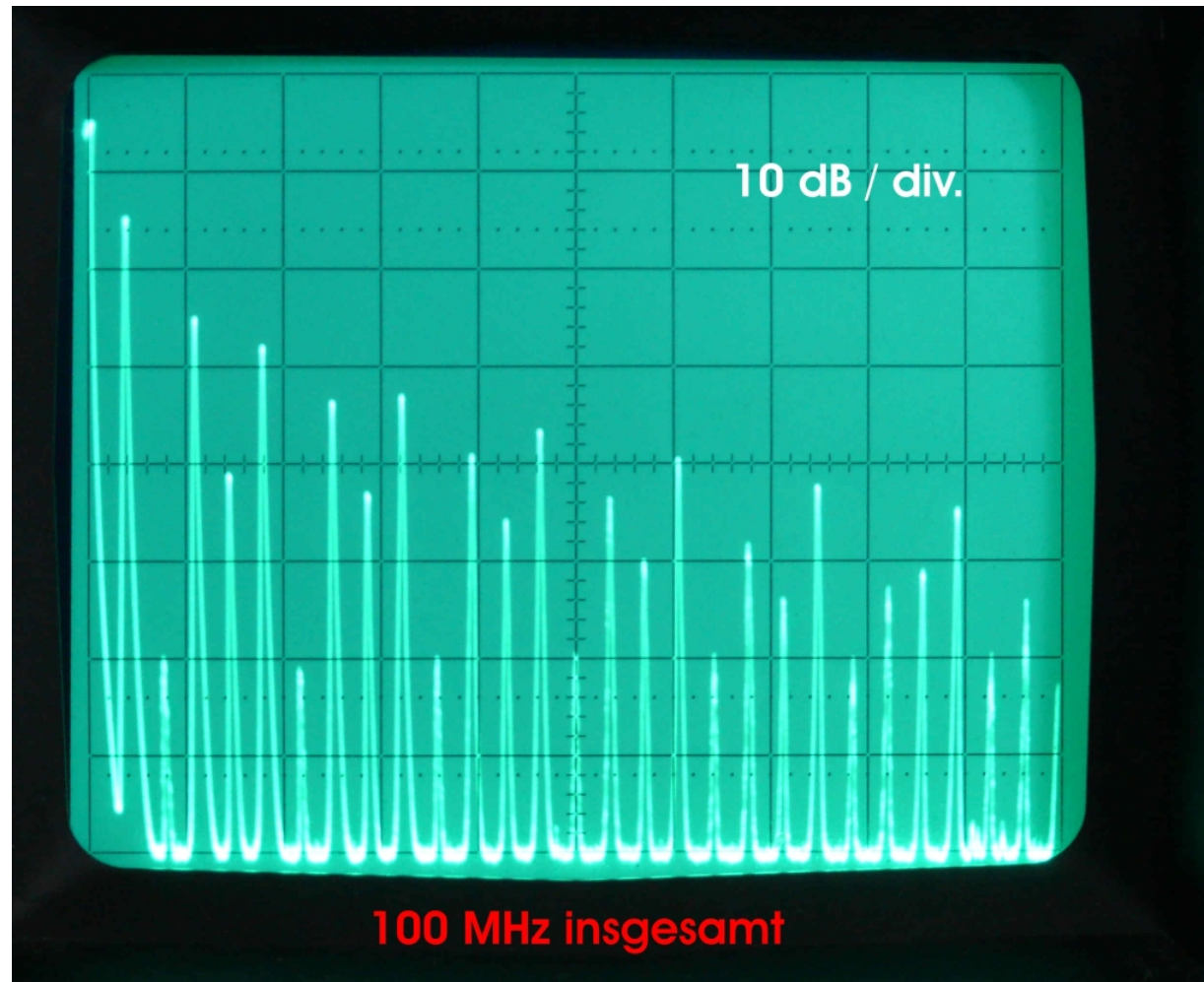
Die beiden aufgeführten Beispiele zeigen, dass es kostengünstig möglich ist, einen SDR Transceiver aufzubauen. Passend zum SDR Einsteiger-Kit hat der FUNKAMATEUR zudem eine Ergänzung zum Transceiver bzw. einen kompletten Transceiver-Bausatz in herkömmlicher Technologie angekündigt. Zusammen mit der freiverfügbaren Software [11] bietet sich jedem Funkamateurler ein interessantes Betätigungsfeld.



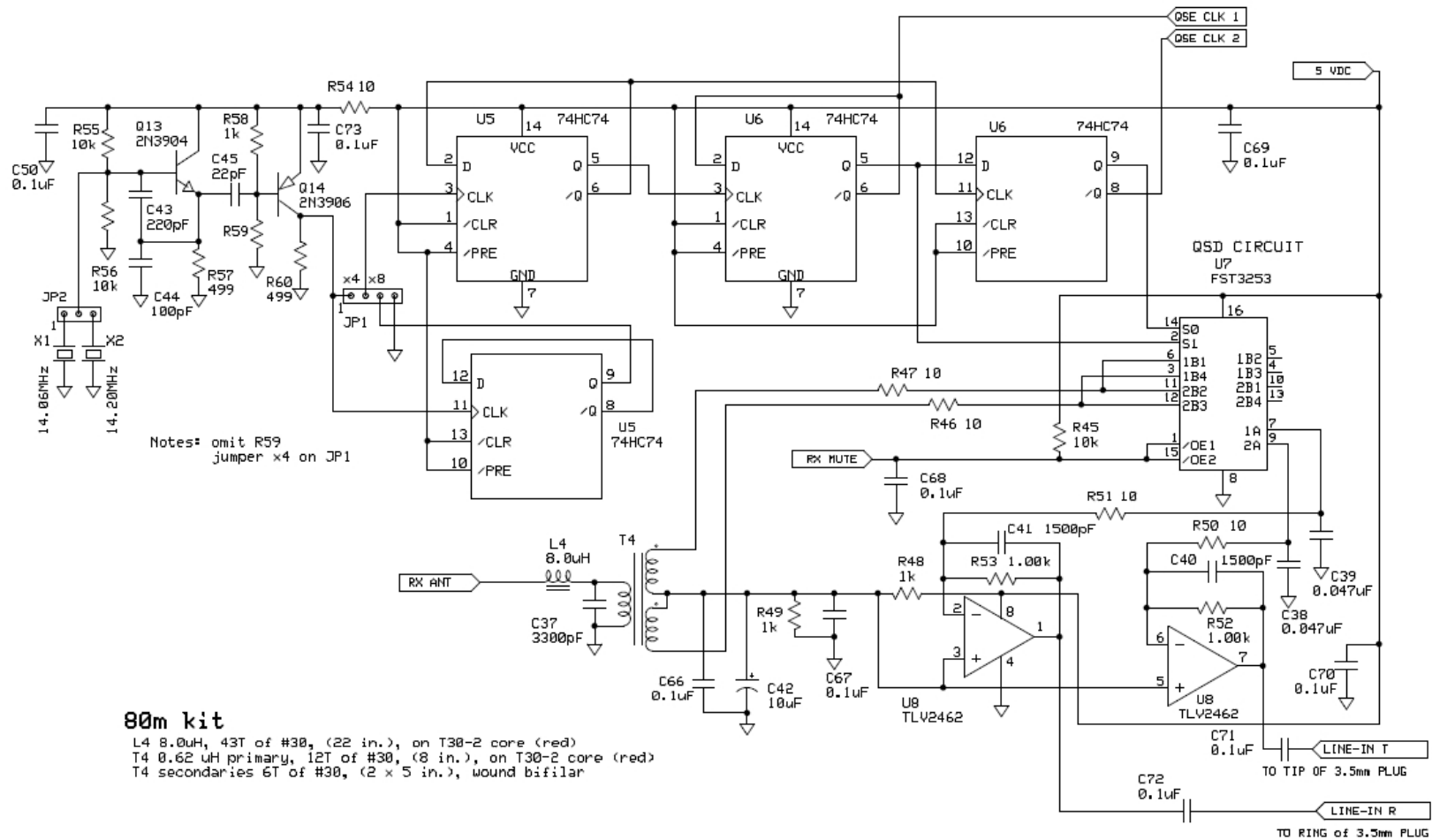
**Bild 1** : Prinzipschaltung eines einfachen SDR Empfängers als Teil eines SDR Transceivers.



**Bild 2 :** Prinzipschaltung eines einfachen SDR Senders als Teil eines SDR Transceivers.. Der Mischfrequenzgenerator ist die Baugruppe aus dem Empfängerteil.

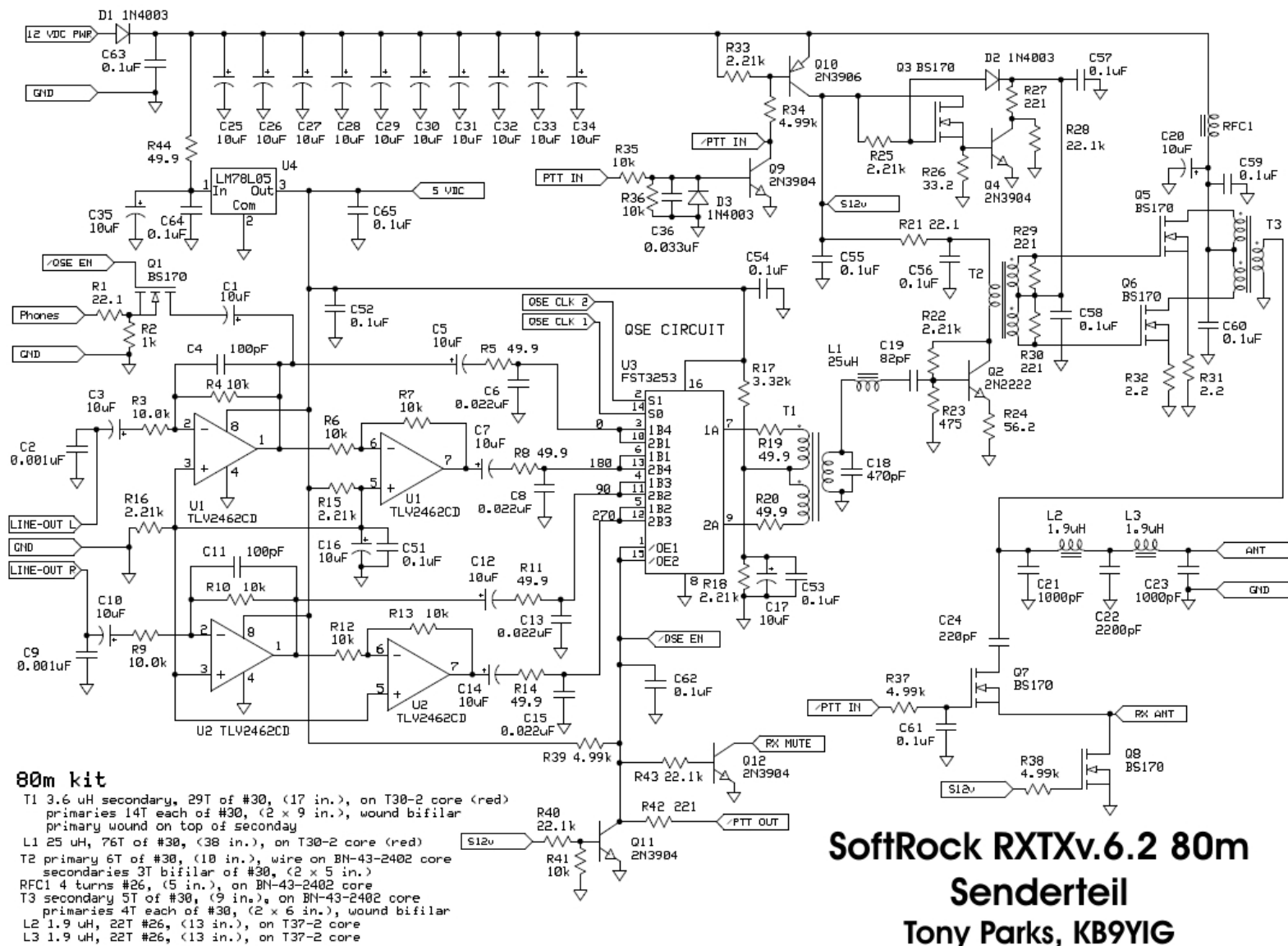


**Bild 3 :** Ausgangsspektrum eines Schaltermischers im Sender. Die Mischfrequenz liegt bei etwa 3680 kHz, die Harmonischen sind hier mit signifikanten Pegeln bis 100 MHz zu sehen.

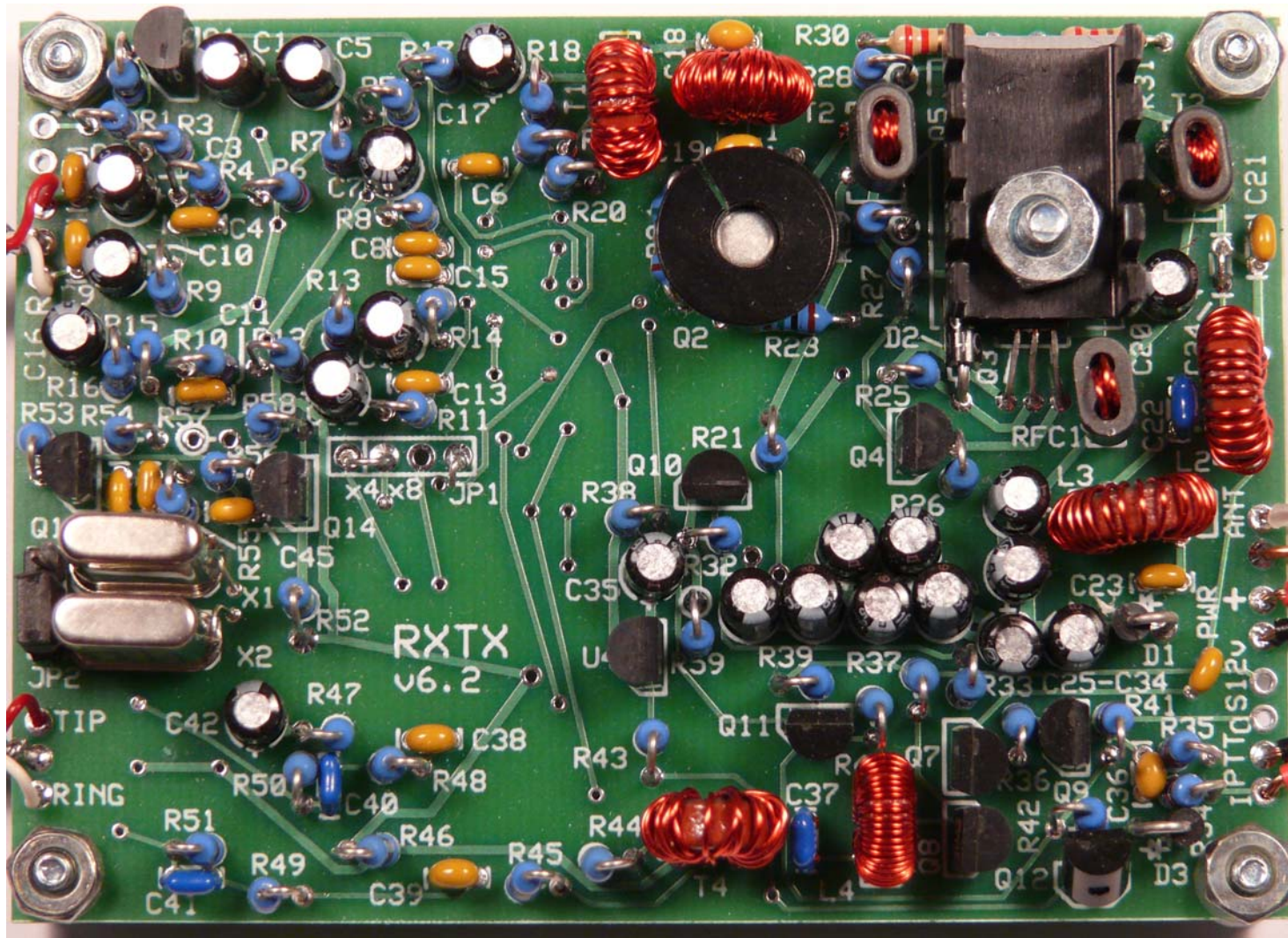


## SoftRock RXTXv.6.2 80m Empfängerteil Tony Parks, KB9YIG

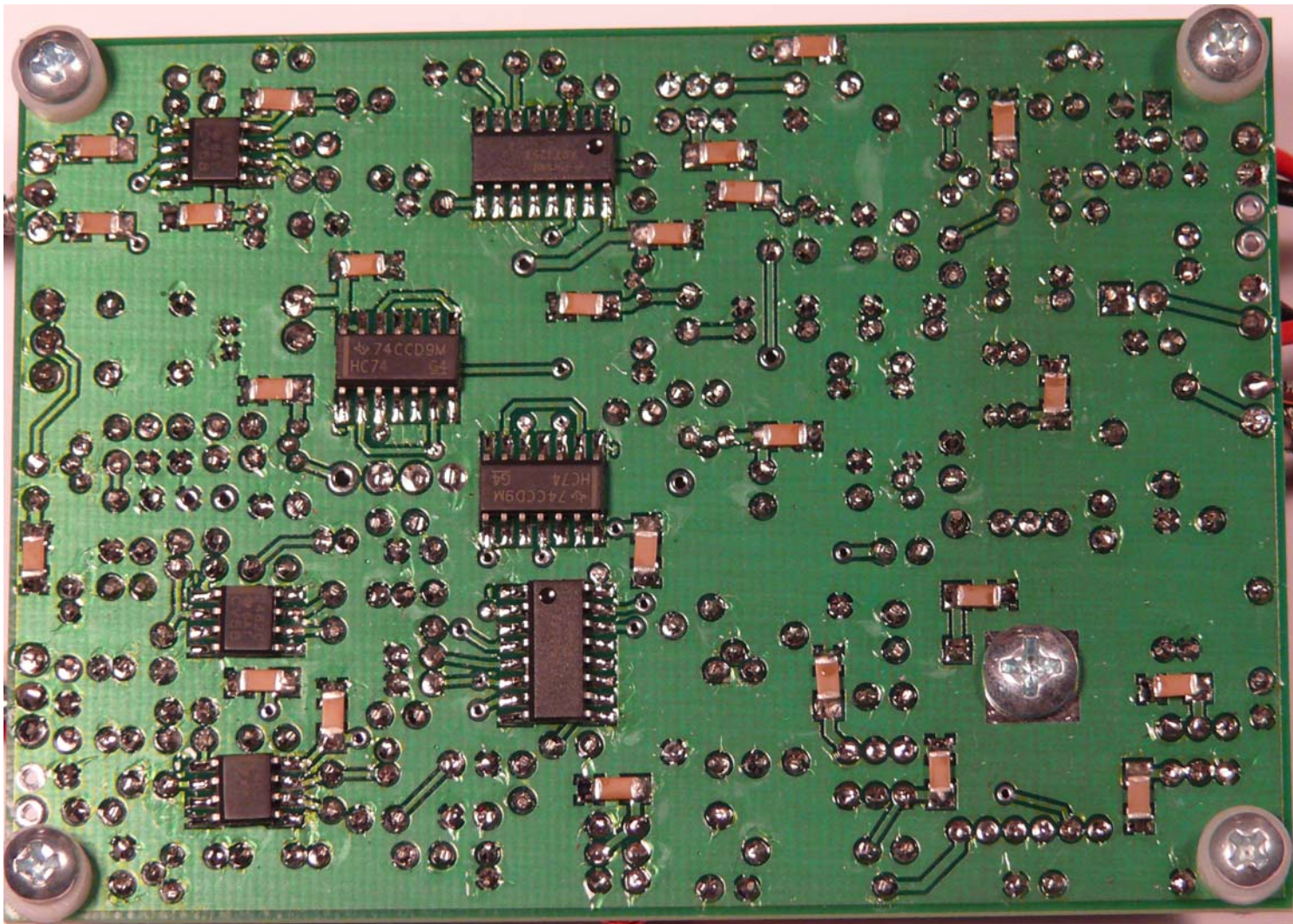
**Bild 4:** Schaltung des SoftRock RXTXv.6.2 SDR Transceivers, Teil 1 mit Empfänger und Oszillator



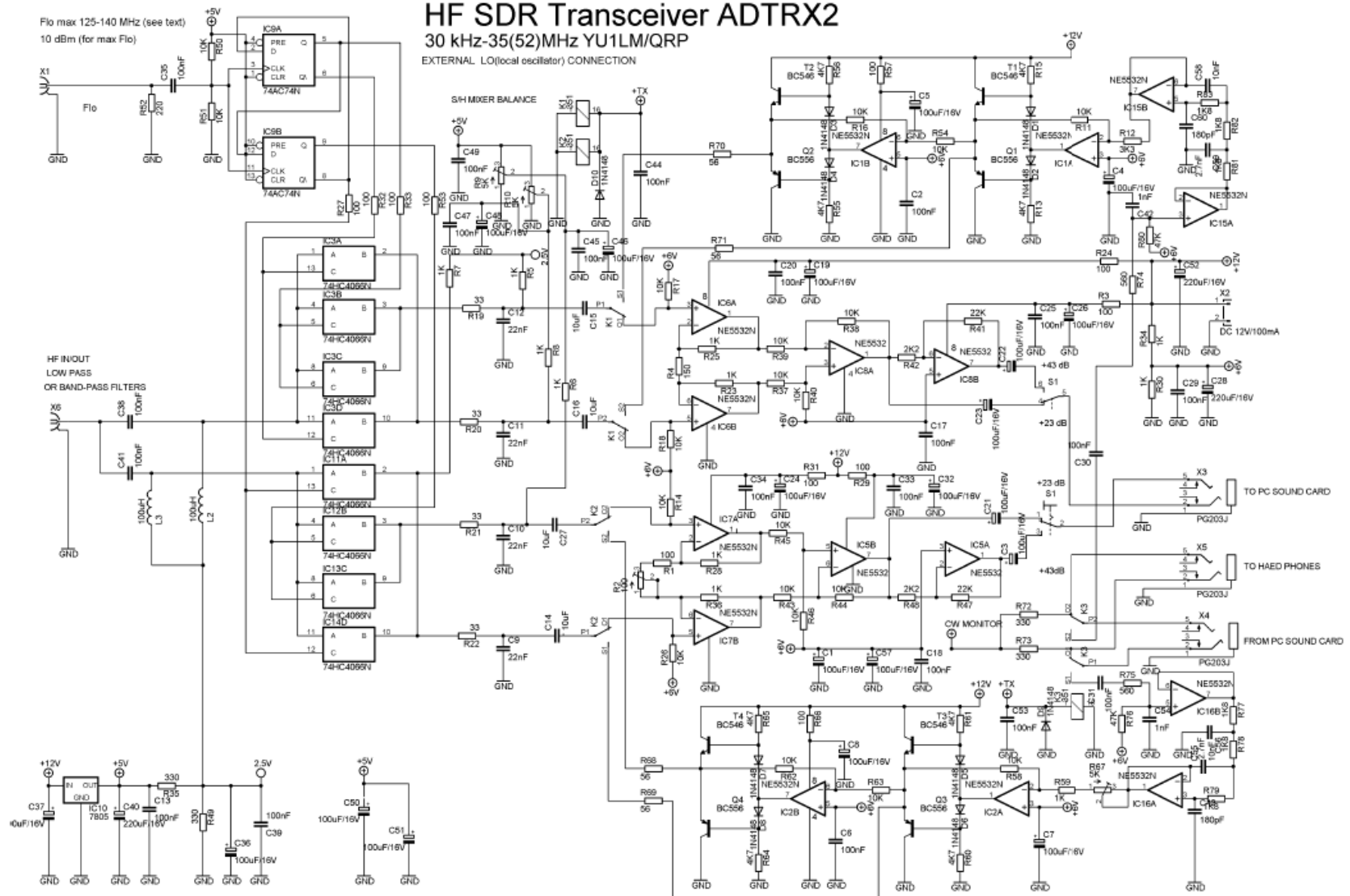
**Bild 5:** Schaltung des SoftRock RXTXv.6.2 SDR Transceivers, Teil 2 mit dem Sender, PA und Sende-Empfangsumschaltung



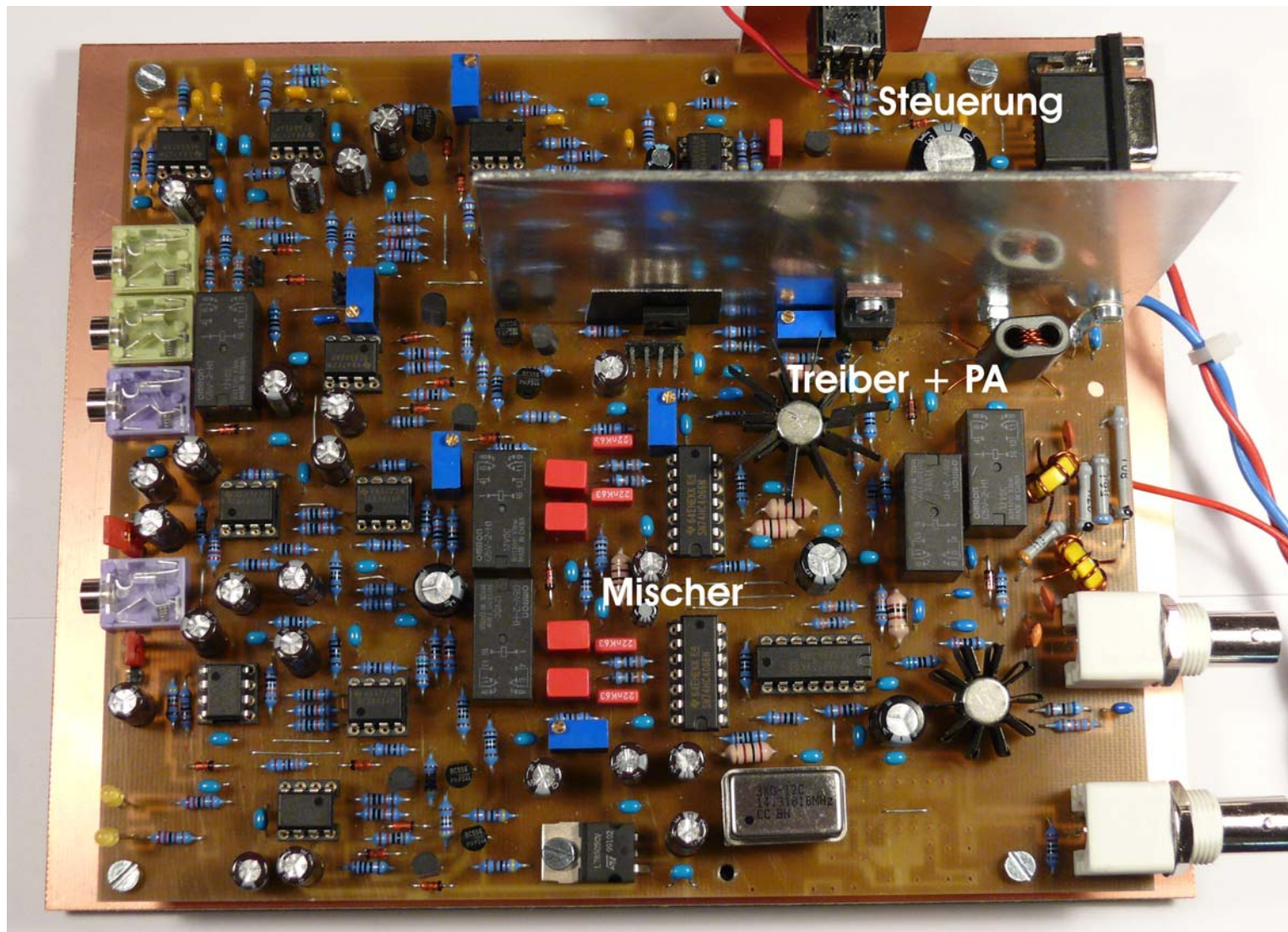
**Bild 6:** Platinenoberseite des SoftRock RXTXv.6.2 SDR Transceivers, hier die 80m Variante



**Bild 7 :** Platinenunterseite des SoftRock RXTXv.6.2 SDR Transceivers mit der SMD-Bestückung



**Bild 8:** Schaltung des SDR Transceivers ADTRX2 von YU1LM, die identisch ist mit dem Kern des Monoband Transceivers AVALA-01



**Bild 9:** Aufgebauter kompletter SDR Transceiver AVALA-01 nach YU1LM

## 6. Literatur

- [1] Bodo Scholz, DJ9CS  
SoftRock – Einstiegsplattform für softwaredefiniertes Radio  
FUNKAMATEUR Heft 6/2006 S. 665  
FUNKAMATEUR Heft 7/2006 S. 792
  
- [2] Internetseite zu SoftRock Empfänger Baugruppen  
<http://dj9cs.raisdorf.net/SDR-SoftRock.html>
  
- [3] Yahoo Group SoftRock40  
<http://groups.yahoo.com/group/softrock40/>
  
- [4] Klaus Raban, DM2CQL  
IQ-SDR-Minimalsystem für 40/80m  
FUNKAMATEUR Heft 9/2006 S. 1040  
<http://www.box73.de/catalog/pdf/BX-050.pdf>
  
- [6] Siniša Tasić, YU1LM  
HF SDR Receiver and Transmitter  
<http://yu1lm.qrpradio.com/homebrew.htm>
  
- [7] Burkhard Kainka, DK7JD  
Software Defined Radio mit USB-Interface  
CQ DL Heft 10/2007, S. 717
  
- [8] Internetseite zu den SoftRock Transceiver Baugruppen  
<http://softrock.raisdorf.net/>
  
- [9] Thomas Baier, DG8SAQ u. Bodo Scholz, DJ9CS  
SoftRock RXTXv6.1, ein softwaredefinierter QRP-Transceiver  
FUNKAMATEUR Heft 6/2007 S. 608
  
- [10] Siniša Tasić, YU1LM  
HF SDR Transceiver  
<http://yu1lm.qrpradio.com/sdr%20transceiver%20yu1lm.htm>
  
- [11] Bodo Scholz, DJ9CS  
Programme für einfache SDR Transceiver  
--- ??????? ---