

Das „Harzburg-Projekt“, ein IQ-SDR-Empfänger für 4 bis 6 Amateurfunk-Bänder.

Autor: Klaus Raban, DM2CQL

Nachdem der SDR-Einsteiger-Bausatz nach [1] in großen Stückzahlen erfolgreich nachgebaut wurde, kamen immer wieder Anfragen zu einer Weiterentwicklung. Das z. Zt. im FA neu aufgelegte Nachfolgesystem wird zwar die eingebrachten Wünschen erfüllen, . . . kann aber, da auch eine Sendeoption einbezogen ist, nicht mehr im unteren Low-Cost-Bereich angesiedelt werden. Bei der nachfolgend vorgestellten Empfänger-Variante handelt es sich um einen „aufgebohrten“ SDR-Einsteiger-Bausatz mit einigen für die Praxis wichtigen Verbesserungen. Die wesentlichen Unterschiede zu [1] sind:

1. Der quartzgesteuerte LO wird durch einen über die RS232-Schnittstelle durchstimmbaren PLL-Oszillator ersetzt. Die von Burkhard Kainka und Dirk Neyen geschriebene Abstimm-Software steht allen Nutzern frei zur Verfügung.
2. Am Eingang wird aus Kostengründen zwar das Einzelkreis-Prinzip beibehalten, aber mit 3 umschaltbaren Spulen und zwei Kapazitäts-Dioden kann der Eingangskreis nahezu im gesamten Kurzwellenbereich in Resonanz gebracht werden.
3. Alle Bauteile, Buchsen und Bedienelemente befinden sich auf einer soliden zweiseitigen Platine mit durchkontaktierten Lötungen, es müssen nachträglich keine Drahtverbindungen eingebracht werden.
4. Da das einzige 16-polige SMD-Bauteil bereits von QRP-Projekt vorbestückt wird, ist dieser Bausatz für Newcomer und Experten gleichermaßen geeignet.

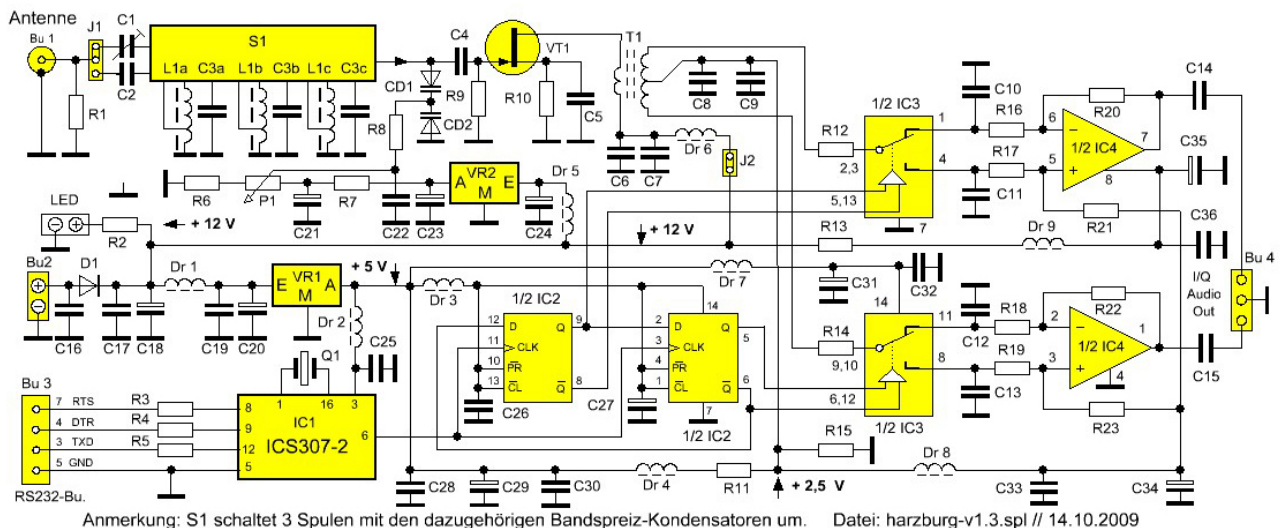


Bild 1: Schaltbild des Empfängers „Harzburg“, Version 1.3

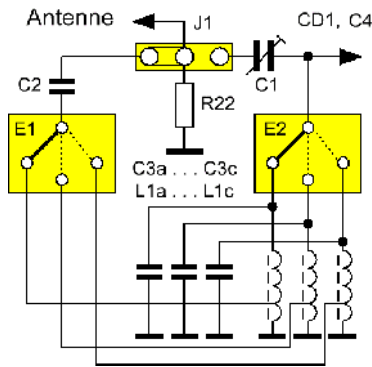
Kurzbeschreibung der Schaltung

Das HF-Eingangssignal gelangt über die Steckbrücke J1 auf zwei verschiedenen Wegen zum Eingangskreis, entweder über eine relativ kleine Koppelkapazität direkt an das heiße Ende der jeweils eingeschalteten Spule, oder „niederohmig“ an eine Anzapfung. Der Festkondensator „C3“ grenzt den möglichen Durchstimmbereich der C-Dioden etwas ein, damit die Kreisgüte an den Bereichsgrenzen nicht zu unterschiedlich ausfällt. Natürlich stellt die Vorsektion mit einem Einzelkreis das absolute Minimum dar, für dieses Low-Cost-Gerät wurde aber an dieser Stelle kein höherer Aufwand getrieben.

Das an der Anzapfung von L1 anliegende Antennensignal wird etwa im Verhältnis 1:7 hochtransformiert und am heißen Ende von VT1 hochohmig abgegriffen. Im Drainkreis des SFETs liegt ein HF-Breitbandübertrager von Minicircuits, mit der gewählten Zusammenschaltung der drei Spulen lassen sich die beiden Schaltermischer mit 180° Phasenversatz im Gegentakt beaufschlagen. Die nachfolgende zweikanalige NF-Verstärkung ist ebenso Standard, wie die Bereitstellung der beiden um 90° versetzten Steuersignale für die Schalter. Einzelheiten können bei Bedarf in [8] bis [10] nachgelesen werden.

Der PLL-Oszillator IC1 stellt zusammen mit der Abstimm-Software die vierfache LO-Frequenz im Bereich von 2 bis 120 MHz zur Verfügung (siehe [5], [6]). Rein theoretisch könnte dieser Empfänger im Bereich von 500 kHz bis 30 MHz arbeiten. Vergleicht man den ICS307-2 mit besseren LOs, wird man feststellen, daß eine höhere Signalqualität auch einen deutlich höheren Preis hat. Trotzdem, . . . was dieser kleine 5 -

Schaltkreis möglich macht, läßt für jeden Funkfreund, der noch gern etwas selbst aufbaut, Freude aufkommen. Die Ankopplung an die selten gewordene COM-Schnittstelle ist kein großer Nachteil, weil passende RS232-USB-Wandler inzwischen preiswert zu haben sind. Wer noch einen SR232-Anschluß an seinem PC hat, sollte diesen vordergründig nutzen. Die COM-Schnittstelle verhält sich ruhig, wenn der jeweilige Abstimmvorgang abgeschlossen ist, über den weit schnelleren USB-Anschluß werden laufend Daten ausgetauscht, die man für Afu-Anwendungen kaum benötigt. Ein Empfänger mit hoher Eingangsempfindlichkeit empfängt dann über die USB-Schnittstelle Störsignale, die nur mit einem hohen Aufwand ausreichend zu unterdrücken sind.



Die drei LC-Kreise werden mit einem Zweiebenen-Miniaturschalter [xx] umgeschaltet. Im Auslieferungszustand des Bausatzes werden mit Amidon-Ringkernen in zwei Schalterpositionen die Bänder 80/40 m und 30/20 m erfaßt. Die Auslegung der 3. Spule ist dem Nachnutzer überlassen; Vorschläge, wie man u.a. auch AM- und DRM-Stationen aufnehmen kann, sind der dem Baussatz beige-fügten Anleitung zu entnehmen.

Steht der Jumper J1 in der im Bild 2 dargestellten Position, geht das Antennensignal über C2 niederohmig an eine Spulenzapfung. In der rechten Jumperstellung wird das Eingangssignal über den Trimmer C1 an das heiße Ende des jeweiligen LC-Kreises geführt; an diesem Punkt sind auch die C-Dioden und VT1 angeschlossen. R22 leitet evtl. vorhandene statische Aufladungen der Antenne nach GND ab.

Bild 3: Umschaltung der LC-Kreise

Wer störende Beeinflussungen durch starke Nachbarstationen hat, muß durch einen zusätzlichen Preselektor und evtl. auch noch durch ein Widerstands-Dämpfungsglied Abhilfe schaffen. LA7MI hat in [2] ein wirksames Cohn-Filter beschrieben, das ohne Spulen-Umschaltung von 1,75 bis 7,2 MHz durchstimmbar ist. An Hand der Simulation war zu erkennen, daß eine überschlägliche Berechnung mit der halben Induktivität einer Spule erfolgen kann. Der L-Anteil gegen GND ist entweder Bestandteil der Hauptspule oder als eigene Spule mit geringer Induktivität auszuführen (z.B. SMCC-Drossel). Wegen der verlustbehafteten realen Bauteile wird die Bandbreite immer etwas größer ausfallen, als es die Simulation ausweist. Ein sehr wirksamer Tuner ist der Typ FRT-7700 von YAESU, da die Produktion ausgelaufen ist, kann man ihn nur noch aus 2. Hand bekommen. Da im Vergleich zum Bausatzpreis alle neuen Tuner viel zu teuer sind, sollte man im Bedarfsfall einen Eigenbau vorsehen, Hinweise dazu sind u.a. in [20] zu finden. Preselektoren mit Güteerhöhung sind, wenn man nur die Wirkung im Vordergrund sieht, die Nummer 1. Von Nachteil ist der höhere Aufwand und die komplizierte Bedienung, ein Selbstbau ist deshalb den HF-Einsteigern nicht zu empfehlen [xx], [xx].

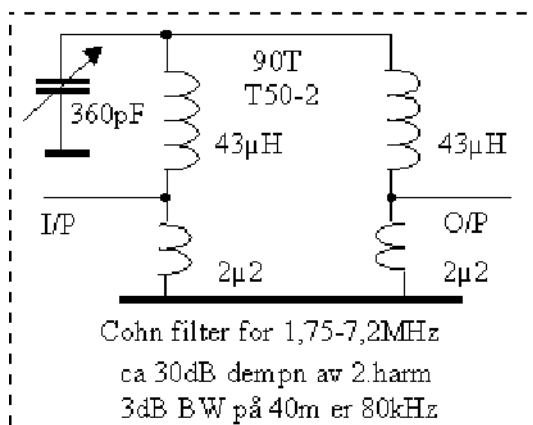


Bild 2: Schaltbild des Cohnfilter nach LQ7MI

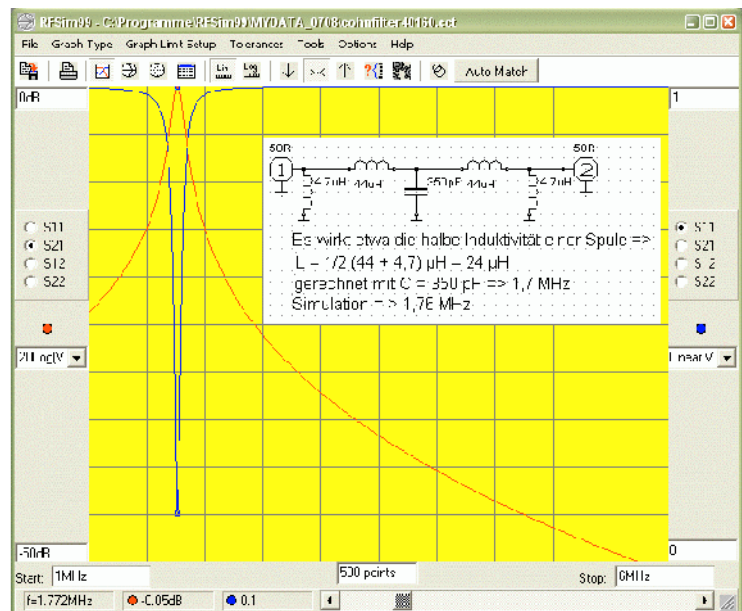


Bild 3: Simulation eines idealen Cohnfilters mit RFSim99

Besonders bewährt haben sich auch Magnetic-Loop-Antennen; da sie sehr schmalbandig sind, muß dabei sogar innerhalb eines Bandes nachgestimmt werden. Viele Hinweise zu Vorschaltbaugruppen und Antennen sind in [5] bis [7] zu finden.

• Layout

Alle Bauteile, Bedienelemente und Anschlüsse befinden sich auf einer zweiseitigen Platine mit durchkontaktierten Lötäugen, so daß nach der Vollbestückung keine Drahtverbindungen gelegt werden müssen.

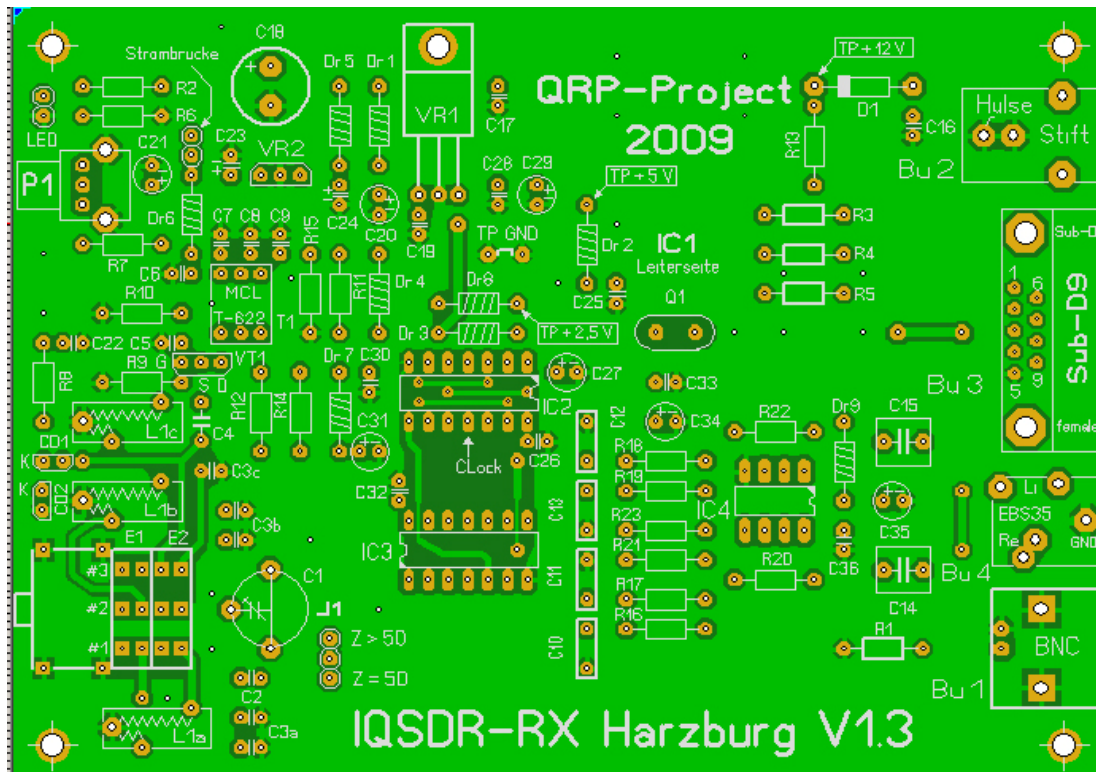


Bild 4: Empfänger-Layout von der Bestückungsseite.

Auf Grund der beidseitig abgeschirmten Platine kann der Empfänger zu Testzwecken auch ohne Gehäuse betrieben werden. Wer sich die Platinen-Umhausung nicht selbst anfertigt, kann auf Wunsch bei QRPProject ein vorgefertigtes Gehäuse + Zubehör bestellen, es wird gesondert kalkuliert und ist nicht im Bausatzpreis enthalten. Ein Standard-Weissblechgehäuse [xx], [xx]) ist ebenfalls geeignet, zur Platinenbefestigung sind auf der unteren Cu-Seite 6 Löt pads vorhanden. Wegen der um 20 mm größeren Länge der üblichen Euro-Gehäuse muß man für S1 und P1 entsprechende Achsverlängerungen vorsehen.

• Soundkarten

Bei der Vielzahl der verfügbaren Soundkarten sind ein paar Punkte wichtig, die gleich zu Anfang beachtet werden sollten. An erster Stelle steht die Fähigkeit, Stereo-Signale zu verarbeiten. Dieser Fakt ist speziell bei Laptops von Bedeutung, weil nicht alle der eingebauten Karten zweikanalig arbeiten können. In der Regel ist ein Stereo-Ausgang und ein Mono-Mic-Eingang dabei, aber der für uns wichtige Stereo-Eingang (Line-In) fehlt sehr oft. In diesem Fall hilft nur eine externe stereofähige Soundkarte, die über einen freien USB-Anschluß mit dem PC zu verbinden ist. Es gibt auch Firewire-Karten, diese sind aber so teuer, daß ich sie für ein SDR-Einsteiger-Projekt nicht empfehlen kann.

An 2. Stelle der Eigenschaften steht das Rauschverhalten sowie die Wirksamkeit des Antialiasing-Filters; hierbei gibt es z.T. große Unterschiede. Nun geht es nicht unbedingt darum, die Daten mit aufwendiger Meßtechnik zu ermitteln; ein paar einfache Test genügen, ob sich die vorliegende Soundkarte gut für unsere Zwecke eignet. Burkhart Kainka hat in [x] einen einfachen IQ-Audio-Generator beschrieben, mit dem sich das interne Audio-Filter untersuchen läßt. Bild 5 zeigt eine brauchbare Karte; in [x] sind Bilder von gut und unzureichend wirksamen Antialiasing-Filtern zu finden. Um das Rauschverhalten einer Soundkarte objektiv einschätzen zu können, wäre eigentlich eine Referenzkarte notwendig, aber wer hat schon eine solche? Im allgemeinen genügt es, wenn man sich den Rauschgrund zusammen mit einem RF-Testsignal in der SDR-Decoder-Software ansieht und/oder die PC-interne Karte mit einer externen USB-Karte bei gleicher Pegel-einstellung vergleicht. Wichtig ist, daß der Line-In-Pegelsteller nicht zu weit aufgezogen wird; man büßt sonst zu viel an Dynamik ein.

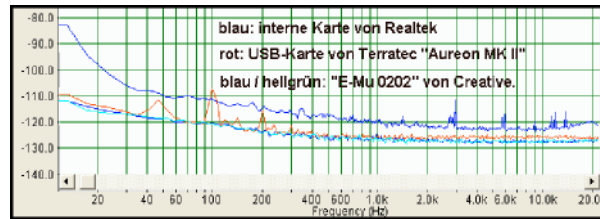


Bild 6: Rauschspektren für drei verschiedene Soundkarten (48 kHz Sampling).

Ein weiterer Punkt ist die Samplingrate, weil unmittelbar davon der per Mausklick abstimmbare Frequenzbereich abhängt. Betreibt man einen IQ-SDR-Empfänger mit einer festen Quarzfrequenz, so ist es schon wichtig, daß man einen möglichst großen Bereich des jeweiligen Amateurbandes empfangen kann; . . . in unserem Fall, wo sich die LO-Frequenz in weiten Grenzen verändern läßt, muß die Karte nicht unbedingt eine sehr hohe Samplingrate aufweisen, 48 kHz genügen, zumal Karten mit Samplingraten von 96 kHz und mehr teurer sind [x].

Es lohnt aber auch, die im Home-PC eingebaute Soundkarte unter die Lupe zu nehmen. In neueren Boards stecken nicht selten Karten mit brauchbaren bis guten Eigenschaften, so z.B. in meinem ACER-Rechner des Typs „Aspire L 5100“, die dortige On-Board-Karte kann bis 96 kHz sampeln und ist sogar ausreichend rauscharm.

In Auswertung der Erfahrungen, die ich mit externen Soundkarten gemacht habe, kann ich in drei Preisklassen folgende Karten empfehlen: „Muse-Pocket LT“ von Hercules“ (ca. 30 €), „Sound Blaster X-Fi Surround 5.1“ von Creative (ca. 40 bis 50 €) und die „EMU 0202 USB“ ebenfalls von Creative (ca. 100 €). Läßt man eine 192 kHz-Karte nur mit 48 kHz sampeln, ist sie oft noch rauschärmer, als mit der höchsten Samplingrate, ein kurzer Versuch bringt Gewißheit.-



Bild 7: Die USB-Soundkarte „MUSE-Pocket LT“.

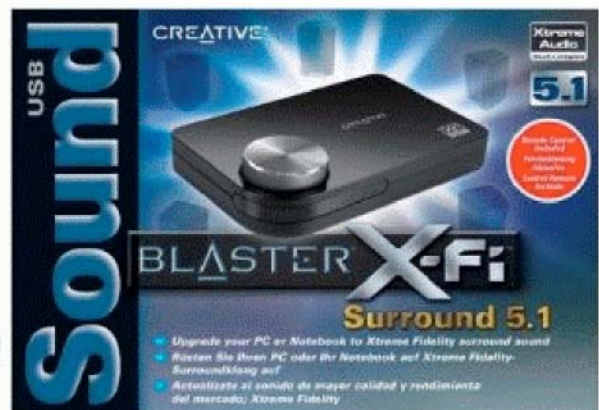


Bild 8: Die USB-Soundkarte „Blaster X-Fi“.



Bild 9: Die USB-Soundkarte E-MU 0202 von Creative.

- **Der Miniatorschalter**



Der Umschalter S1 besteht aus einem Schaltkopf mit 3 Rastpunkten und zwei Schaltelementen, die auf eine vierfach längs geriefte Achse gesteckt werden.

Vor dem Zusammenbau müssen die beiden Elemente und auch der Rastkopf exakt in Mittelposition gebracht werden.

Bezogen auf Bild 7 werden je nach Schalterposition immer die beiden hintereinander liegenden Anschlußstifte gebrückt. Ein solches Element kann demnach nur drei um 30° versetzte Positionen des Umschalters bedienen.

Das Einsetzen des kompletten Schalters in die Platine wird wesentlich erleichtert, wenn der Rastkopf mit den beiden Schaltelementen mit einem kurzen Streifen Tesafilm fixiert wird (von oben aufkleben).

Bild 7: Schaltelement, Frontansicht.

- **Fazit:**

Das Ziel des Harzburg-Projektes liegt darin, dem Interessenten für das IQ-SDR-Verfahren den gesamten Kurzwellenbereich zu erschließen; er kann mit einem Eigenbau-Gerät an allem teilhaben, was sich dort in frei demodulierbaren Signalen tummelt. Mit der passenden Demodulator-Software ist (fast) alles mitzuhören und mitzulesen. Obwohl bei diesem IQ-SDR-Konzept durchgehend bekannte Bauteile und Schaltungsprinzipien genutzt werden, liegt der Vorteil in der sinnvollen Kombination derselben, verbunden mit einem Preis-Leistungs-Verhältnis, das bei dieser Bausatz-Qualität seinesgleichen sucht. Wer sich konsequent an die Hinweise der Bauanleitung hält, hat zu Schluß einen Empfänger in der Hand, der weit mehr leistet, als man ihm in dieser Preisklasse auf den ersten Blick zutraut.

Bildersammlung:

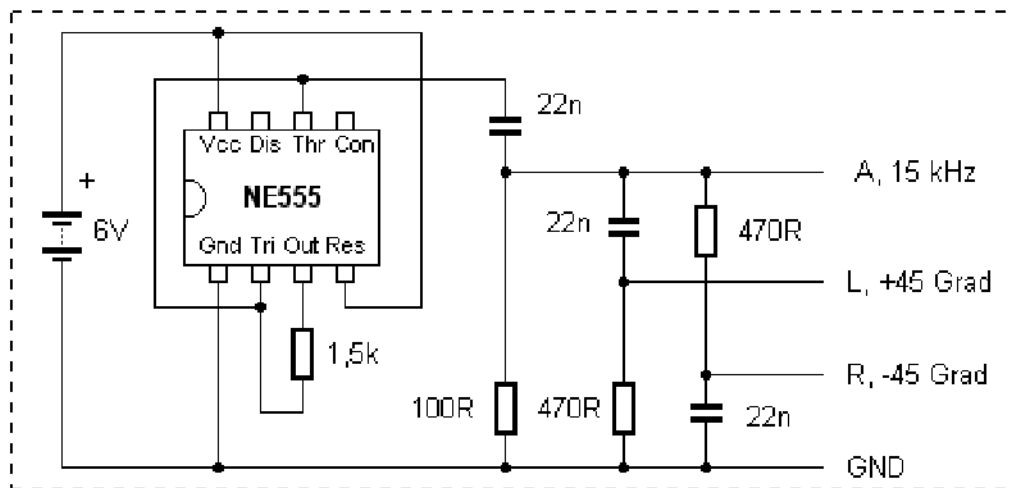


Bild xx: Stromlaufplan des IQ-Generators nach [xx]

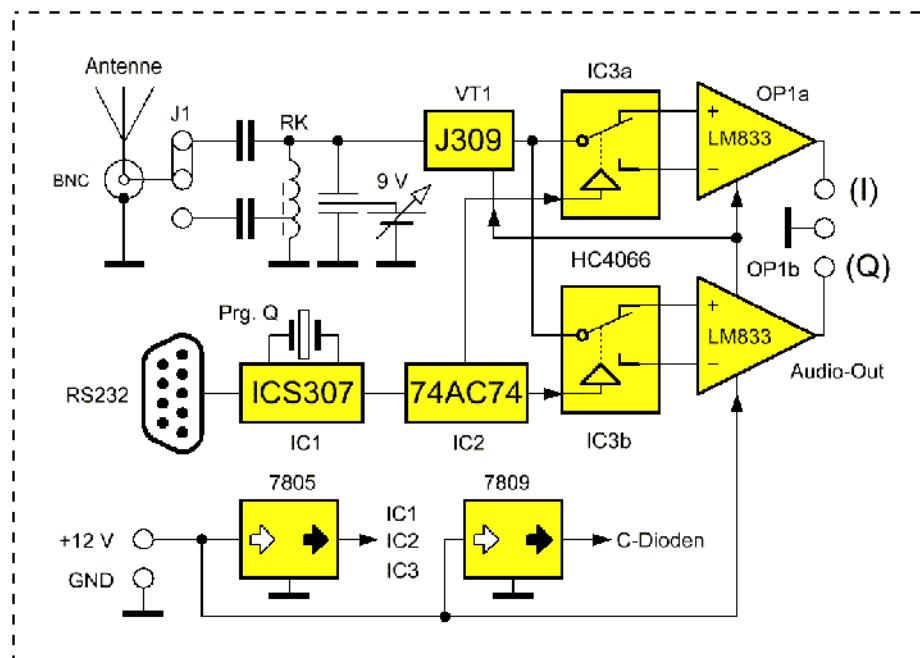


Bild xx: Blockschema des IQ-SDR-Empfängers Harzburg V1 .1

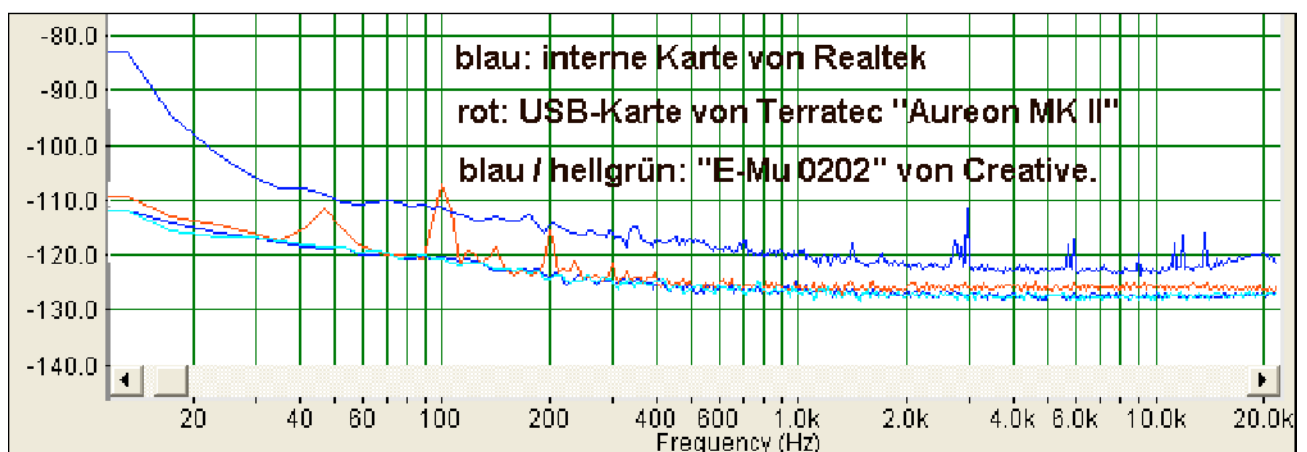


Bild xx: Rauschgrund verschiedenen USB-Soundkarten (Samplingrate = 48

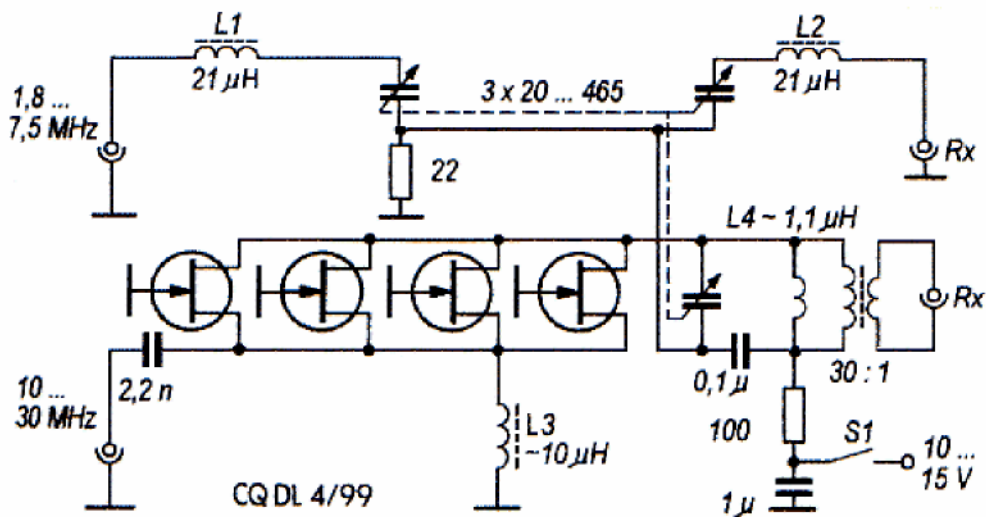
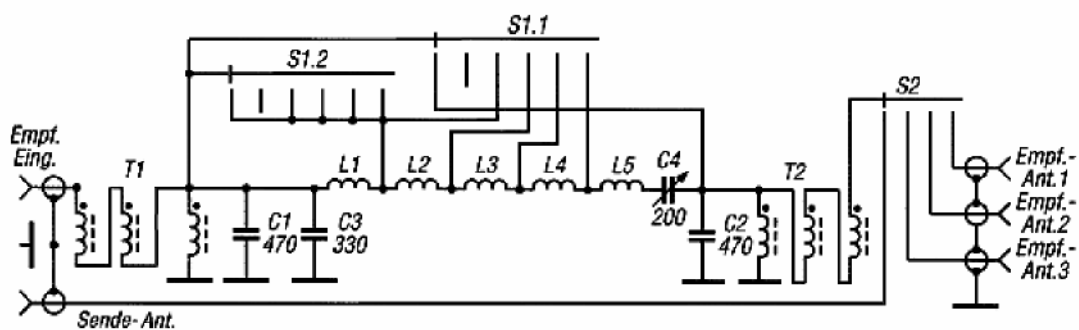


Bild xx: Preselector nach DJ1 FO



Preselector nach DL7AV

Bild xx:

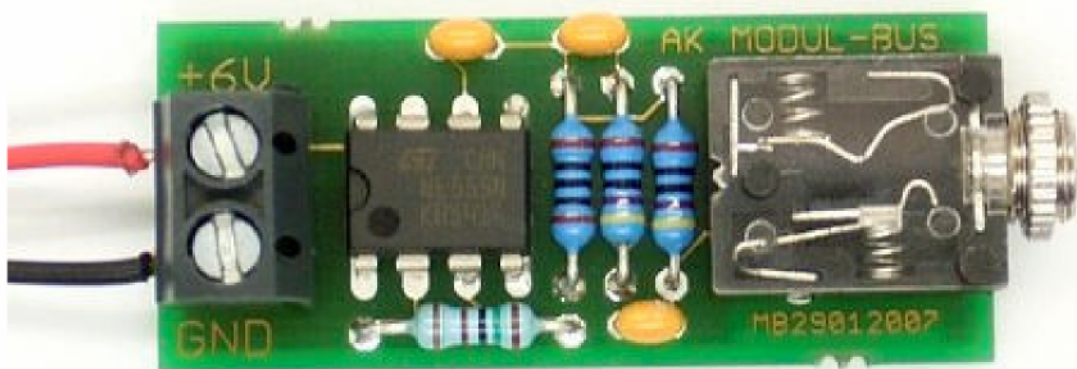
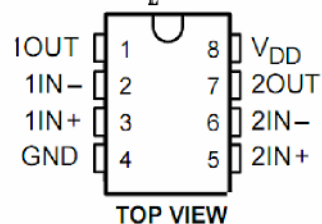
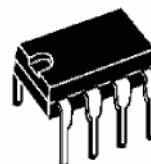


Bild xx: Foto des IQ-Generators nach [xx]

LM833 LOW NOISE DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

- LOW VOLTAGE NOISE : $4.5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- HIGH GAIN BANDWIDTH PRODUCT : **15 MHz**
- HIGH SLEW RATE : **$7 \text{ V}/\mu\text{s}$**
- LOW DISTORTION : 0.002%
- EXCELLENT FREQUENCY STABILITY
- ESD PROTECTION 2kV



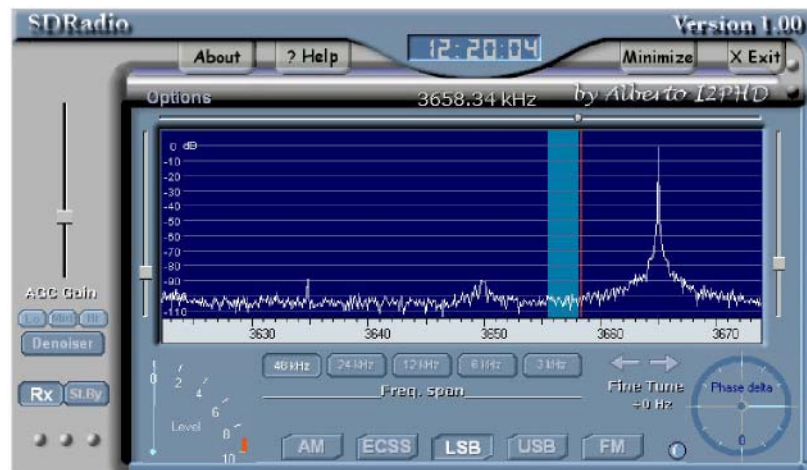


Bild xx: Test der USB-Soundkarte MUSE-Pocket mit den IQ-Generator nach [xx].

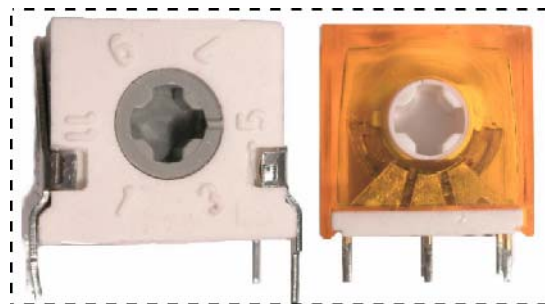


Bild xx: Rastkopf und Schaltelement des Miniatorschalters S1.

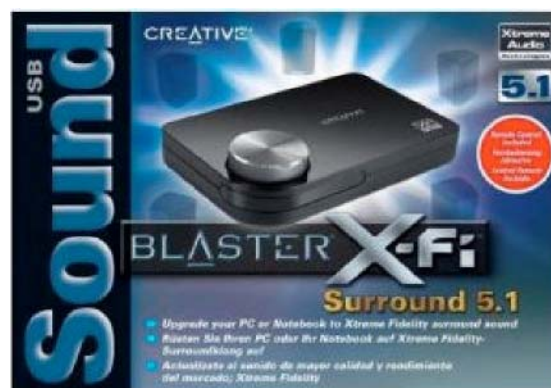


Bild xx: Die USB-Soundkarte "Blaster X-Fi Surround 5.1".



Bild xx: Die USB-Soundkarte "Blaster X-Fi Surround 5.1".

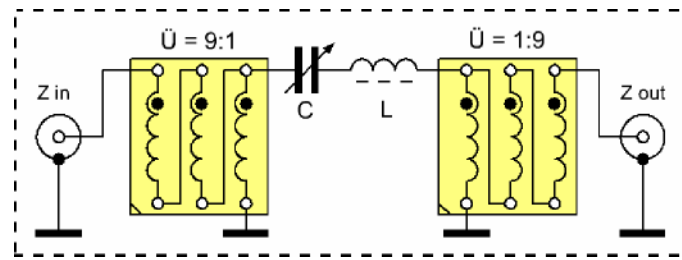


Bild xx: Prinzip des BCC-Preselektors.

Aus der Bandbreitenformel $[B = Z / (2 \cdot L)]$ eines Serienresonanzkreises kann man 2 sehr wichtige Erkenntnisse ableiten:

1. Im Bereich hoher Antennen-Impedanzen zeigt ein solcher Preselektor keine oder nur eine sehr geringe Wirkung. Um überhaupt brauchbare bis gute Ergebnisse zu erzielen zu können, wird die Impedanz der Antenne von 50 Ω auf rund 5,6 Ω heruntertransformiert und nach dem Serienkreis wieder im gleichen Verhältnis angehoben; nur so ist die im Bild xx dargestellte Anordnung sinnvoll zu betreiben.
2. Die Kapazität des Abstimmkondensator bestimmt zwar zusammen mit der Spule die Resonanzfrequenz, auf die Bandbreite hat die Kapazität aber keinen Einfluß.

Hier noch ein weiterer wichtiger Punkt: Da der Drehko HF-mäßig hoch liegt, muß der Rotor + Gehäuse immer an der 5,6 Ω -Seite eines der beiden Übertragers liegen; andernfalls kommt es durch den Einfluß der Handkapazität ungewollt zur Vertimmung des LC-Kreises.

###

Quellennachweis:

- [1] Alberto Di Bene, I2PHD and Jeffrey WA6KBL: http://freenet-homepage.de/winradhd/download/WinradHD_install.exe.
- [2] Alberto Di Bene, I2PHD: SDRadio: <http://www.weaksignals.com/>
- [3] Alex Shovkoplyas, VE3FKO, Rocky 3.6: <http://www.dxatlas.com/rocky/>
- [4] Andre Adrian, DL1 AD R: <http://www.andreadrian.de/sdr/index.html>
- [5] Becker, R., DC9JG: „Software Defined Radio – eine Einführung“. Praxisheft 19 der AATiS, S. 85-88.
- [6] Bernd Reiser, SDR-Decoder „Sodira“: <http://www.dsp4swls.de/download/download.html>
- [7] Burkhard Kainka / Ulf Schneider: „DRM Empfangspraxis“ Franzis Verlag 1004
- [8] Burkhard Kainka: „Software Defined Radio“, Elektor-Verlag Aachen2008,
- [9] Burkhard Kainka: „Messungen an der Soundkarte“: www.b-kainka.de/igrx3.htm
- [10] Hegewald, W., DL2RD: „KW-Antennen für den Einstieg (1)“. FUNKAMATEUR 57 (2008), H. 12, S. 1316, laufende Beitragsfolge (Ende ?).
- [11] Homepage LA8AK (QRP experimental techniques): <http://noding.com/la8ak/c21.htm>
- [12] <http://www.schubert-gehaeuse.de>
- [13] <http://www.ukw-berichte.de/ukw-docs/bau-lit/gehaeuse.html>
- [14] http://www.winrad.org/bin/Martin_acewinrad2.zip
- [15] Molière, T., DL7AV: „Der BCC-Kurzwellen-Preselektor“. FUKAMATEUR 46 (1997) H.1, S. 76 - 77
- [15] Nussbaum, H., DJ1 UGA: „Magnetantennen“ vht-Verlag Baden-Baden2002
- [16] Nussbaum, H., DJ1 UGA: „Aktivantennen undPreselektoren im Selbstabau“ vht-Verlag Baden-Baden2003
- [17] Perner, M., DM2AUO: „Interfaces für den Amateurfung-selbst gebaut“, vht-Verlag Baden-Baden2005
- [18] Raban, K., DM2CQL: „SDR-Einsteiger-Kit für 40 bzw. 80 m“. FUNKAMATEUR 55 (2006) H.9, S.1040
- [19] Raban, K., DM2CQL: „Testen und Messen mit der Soundkarte“. Ein Beitrag im Buch „Software für Funkamateure (2)“ (mit CD-ROM) von Werner Hegewald (Hrsg.), Box 73 Amateurfunkservice GmbH Berlin 2006
- [20] Schotten, H., DJ1 FO: „Ein interessanter Preselector“. CQ DL 1999, H. 4, S. 309
- [21] Sichla, F., DL7VFS: KW-Preselektor mit elektronischer Güteerhöhung. Funk 1997, H. 5, S. 38-39.
- [22] WinradHD: www.freenet-homepage.de/winradhd
- [23] Wetzel, R., DK2AG: „Aktiver Preselektor für 40 m - Q-Multiplier machts möglich“. FUNKAMATEUR 55 (2006), H. 9, S. 1042.