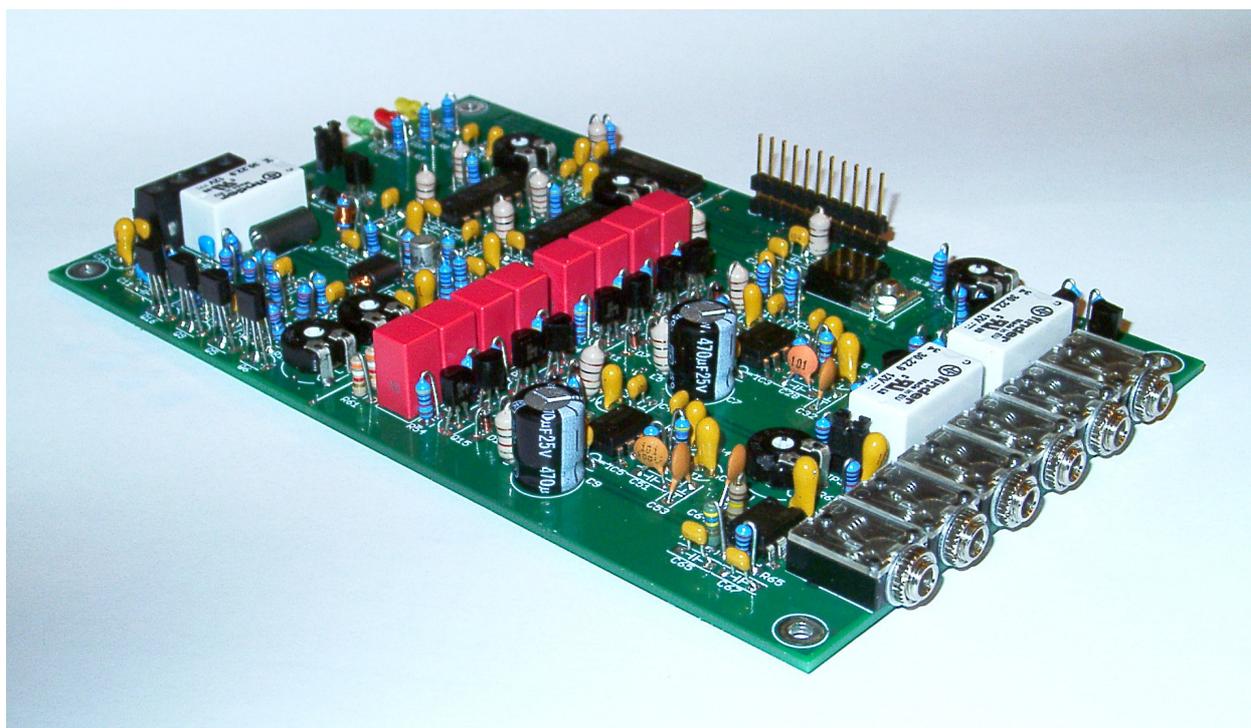


LIMA-SDR

BOARD 2 (TX)



Hardware / Software

Handbuch Version 2.2 ab Platinenversion 3.1

29.07.2014

Bernd Wehner
DL9WB
Talbahnstraße 17
47137 Duisburg

dl9wb@darç.de

Inhalt:

1. Eigenschaften und Funktionsbeschreibung	3
2. Hardwarespezifikation	5
3. Vorwort zum Arbeitsbeginn	6
4. Materialübersicht und Stücklisten	9
5. Aufbaubeschreibung	11

Inhalt Teil 2:

6. Bestückungspläne Schritt 1 bis 9	23
--	-----------

Inhalt Teil 3:

7. Vorbereitung der SDR-Software	38
8. Steckverbinder und Anschlüsse	42
9. Schaltbilder	38
10. Bestelllisten u. Bezugsquellen	44
11. Änderungshinweise	46

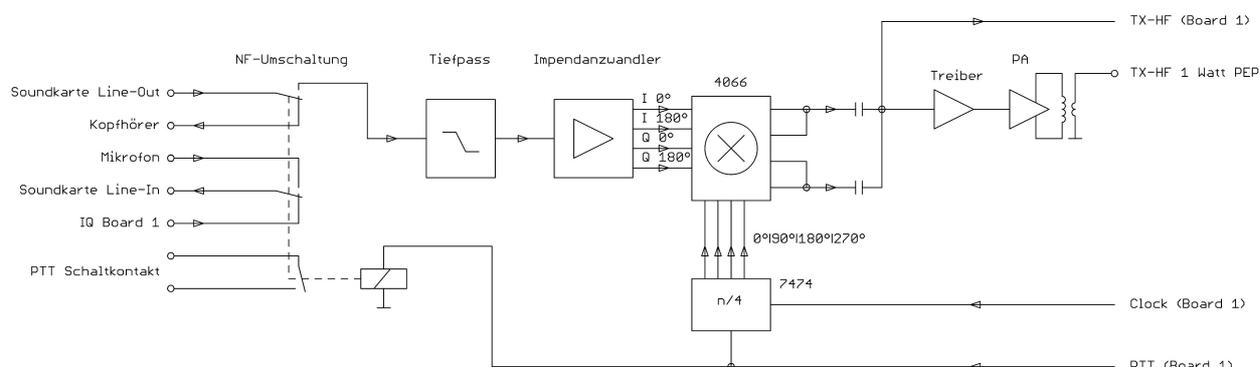
1. Eigenschaften & Funktionsbeschreibung

Als Ergänzung zur SDR-Empfangsplatine Board 1 (RX) des Bastelprojekts *Lima-SDR* wird in diesem Manual der Sendeteil Board 2 (TX) vorgestellt und der Aufbau beschrieben.

An dieser Stelle möchte ich darauf Hinweisen folgende Punkte zu beachten:

1. Die Inbetriebnahme des hier vorgestellten Senders ist nur Personen mit einer gültigen Zulassung zur Teilnahme am Amateurfunkdienst und unter Beachtung der rechtlichen Vorschriften gestattet!
2. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass durch geeignete Filtermaßnahmen Nebenaussendungen in nicht erlaubten Frequenzbereiche vermieden werden!
3. Eine Übersteuerung durch zu große Signalpegel am NF-Eingang des Sendeteils führt unweigerlich zu unerlaubten und nicht beherrschbaren Intermodulationsprodukten bzw. Intermodulationsabständen!
4. Eine Kontrolle des HF-Ausgangssignals mit geeigneten Meßmitteln ist unerlässlich!

Beim Board 2 (TX) wurde gänzlich auf die Verwendung von SMD-Bauteilen verzichtet und nur leicht erhältliches Baumaterial verwendet. Die Platine hat wie auch das Board 1 (RX) eine Größe von 160*100 mm Europakartenformat und kann z.B. über die vorgesehene Steckleiste direkt mit dem Board 1 (RX) in Sandwichtechnik verbunden werden. Das *Lima-SDR* Board 2 (TX) ist in drei Schaltungsteile untergliedert und kann in verschiedenen Aufbauvarianten eine Ausgangsleistung bis zu 1 Watt PEP liefern. Die Verschaltung der Soundkartensignale sowie des Mikrofon- und Lautsprechersignals erfolgt über 3,5mm Klinkenstecker. Der Mikrofoneingang ist zusätzlich mit einem Mikrofonverstärker ausgestattet. Für den Einsatz von zweikanaligen Soundkarten ist eine Relaisschaltung zur Umschaltung des Eingangs bzw. Ausgangs der Soundkarte vorgesehen. Ein zusätzlich isolierter Relaiskontakt kann zur PT-Steuerung einer Endstufe genutzt werden.



Blockschaltbild LIMA-SDR Board2 (TX)

Relaisschaltung, NF-Signale suchen ihren Weg

Gerade bei einfachen zweikanaligen Soundkarten die nur einen Eingang und einen Ausgang besitzen, ist eine Umschaltung der beiden Soundkartensignale zwingend erforderlich. Grund hierfür ist die doppelte Verwendung der jeweiligen Anschlüsse. So wird z.B. dem Eingang der

Soundkarte einmal beim Empfang das IQ-Signal und beim Senden die Mikrofonspannung zugeführt. Der Ausgang der Soundkarte liefert beim Empfang das Lautsprechersignal und beim Senden das IQ-Signal für den Sender. Die erforderliche Umschaltung wird durch zwei Relais auf dem Board 2 (TX) realisiert. Beim Betrieb mehrkanaliger Soundkarten wird diese Verschaltung überflüssig. Das Board 2 (TX) erhält dann nur die beiden IQ-Signale für Empfang und Senden. Lautsprecher und Mikrofon werden direkt mit den zusätzlich verfügbaren Ein- bzw. Ausgängen der Soundkarte verbunden.

Der IQ-Eingang, Impedanzen werden gewandelt

Das IQ-Signal fürs Senden gelangt vom Soundkartenausgang über einen Tiefpaß zu einer Operationsverstärkerstufe die mit einer Verstärkung von 2 arbeitet. Die ersten OP's besitzen noch eine Gegenkopplung für unerwünschte hohe Frequenzanteile. Wie beim Empfang benötigen wir aber auch beim Senden vier zueinander phasenverschobene NF-Signale die später im Mischer mit der vom VCO kommenden HF gemischt werden. Die von der Software generierten IQ-Signale sind bereits zueinander 90° phasenverschoben, so dass nur noch durch eine zweite Operationsverstärkerstufe die beiden IQ-Signale invertiert werden und so die vier benötigten NF-Signale zur Verfügung stehen. Da die Operationsverstärker am Ausgang nur eine Impedanz von 600 Ohm haben, folgt hinter jeder Stufe eine mit bipolaren Transistoren aufgebaute Gegentaktendstufe. Die NF-Signale stehen jetzt mit einer ausreichend niedrigen Impedanz dem Mischer zur Verfügung.

Aufbereitung der Mischfrequenz, die Quelle der HF

Die vom Board 1 (RX) kommende Oszillatorfrequenz wird wie beim Empfänger über eine Teilerstufe in vier um je 90° Phasenverschobenen Impulse der Mischfrequenz aufgeteilt. Damit beim Empfang durch diesen Schaltungsteil keine störende Beeinflussung auftritt, werden die Flip-Flops erst über das PTT-Signal aktiviert. Die Signale gelangen anschließend auf die Schalteingänge der CMOS-Schalter.

Der Mischer, das gewünschte HF-Signal entsteht

Die aufbereiteten NF-Signale aus den Impedanzwandlern gelagen nochmals über Tiefpasfilter zu den CMOS-Schaltern. Damit die Strombelastung je Schalter reduziert wird, werden je zwei CMOS-Schalter parallel geschaltet. Hinter den Schaltern werden die Signale zusammengeführt und mit zwei Kondensatoren ausgekoppelt. Die Arbeitspunkte bzw. Gleichspannungsanteile der CMOS-Schalter für I und Q können getrennt über Trimmer abgeglichen werden. Durch einen Abgleich dieser Trimmer können Intermodulationsprodukte und der Restträger bei SSB reduziert werden. Bei einer Signalspannung von 0,25 V_{ss} der Soundkarte stehen am Ausgang des Mixers ca. -8 dBm HF-Leistung an.

Treiber und Endstufe, HF bis 1 Watt PEP

Auf dem Board 2 (TX) kann eine breitbandige Treiber- und eine Endstufe bestückt werden. Der Treiber verstärkt das HF-Signal um ca. 20 dB und erzeugt so eine Leistung von ca. 12 dBm. Die nachgeschaltete Endstufe hat eine Verstärkung von ca. 18 dB und erhöht so die Ausgangsleistung auf bis zu 30 dBm (1 W) PEP. Maximal können bei entsprechend höherer Modulationsspannung bis zu 2,25 W erreicht werden.

2. Hardwarespezifikation

Lima-SDR Board 2 (TX) Spezifikation	
TX Frequenzbereich	0,5 MHz bis 30 MHz
Ausgangsleistungen bei 1,2V Signalspannung von der Soundkarte:	
Pout Mischer	-8 dBm
Pout Treiber	12 dBm
Pout PA	30 dBm
Intermodulationsabstände bezogen auf 1 Watt PEP, Zweitontest:	
Intermodulationsabstand IM3	> - 30 dBc
Spiegelfrequenzunterdrückung	> -60 dBc *
Restträger	- 40 dBc
Oberwellen	- 10 dBc
Antennenausgang	50 Ohm über Schraubklemme
Soundkartenanschluß	3,5mm Klinkebuchse Stereo
Stromversorgung	DC 9V bis 12V über Schraubklemme
Stromaufnahme mit RX-Board bei Fvfo=3,600 MHz	<= 480 mA (Empfang) <= 700 mA (Senden Pout=1W PEP)
Mech. Abmessung	100 X 160 X 22 mm

* Abgleich über SDR-Software.

3. Vorwort zum Arbeitsbeginn

Erfahrene Funkamateure und Fachleute der Rundfunk-Technik mögen sich bei der Durchsicht dieser Einleitung und der Hinweise langweilen; dennoch muss diese Anleitung für weniger geübte sein.

Einführung:

Der Inhalt dieser Bauanleitung beschäftigt sich mit dem Zusammenbau des *Lima*-SDR RX und TRX. Bedienungsanleitung, Fehlersuche, Schaltplan und Serviceinformationen befinden sich im Handbuch.

Benötigte Werkzeuge:

- Lötstation mit feiner Lötspitze (0,8 – 1,2 mm), mit galvanischer Trennung, Temperatur einstellbar 370-430°C.
- HochleistungslötKolben (ca. 100 W) zum Löten von Weißblech und ähnlich beschaffene Konstruktionsteile.
- 0,5 mm Elektroniker- Lötzinn.

Benutze kein säurehaltiges Lötzinn, Lötzinn mit wasserlöslichem Flussmittel und irgendwelche anderen Lötzusätze, andernfalls können keine erfolgsversprechenden Bauergebnisse erzielt werden.

- kleiner Kreuzschraubenzieher
- Spitzzange
- Schlüssel für verschiedene Muttergrößen
- kleiner Elektroniker Seitenschneider (empf. „KNIPEX 78 71 125“)
- Digital-Multimeter (DMM) mit Gleichspannung, Widerstand und Diodentest. Kapazitätsmessbereich ist wünschenswert, aber nicht unbedingt erforderlich
- Lupenbrille oder Lupenleuchte
- Entlötwerkzeuge und Entlötlitze sind unentbehrlich
- Frequenzzähler
- Ideal ist ein Oszilloskop, aber nicht Bedingung.

Wir empfehlen dringend die Benutzung eines leitfähigen ESD Armbandes und einer Anti-Statik-Matte als Arbeitsunterlage, wenn mit den hochsensiblen IC – Bauteilen hantiert werden muss oder die Platine mit den bestückten MC- Teilen angefasst werden muss.

Auspacken und Inventur:

Schutz vor elektrostatischer Beschädigung der Bauteile 74HC4066, 74AC74 und den Feldeffekttransistoren BS170.:

Diese Bauteile sind besonders empfindlich gegen Beschädigung durch ESD (Elektro- Statik). Solche Beschädigungen sind oft nicht so geartet, dass das gesamte Gerät ausfällt. Häufig zeigen ESD beschädigte Bauteile im Betrieb aber merkwürdiges Verhalten. Solche Fehler sind extrem schwer zu finden. Deshalb wird hier nochmal dringend angeraten, dass beim Umgang mit diesen extra aufgeführten Bauteilen streng nach folgenden Regeln vorgegangen wird:

- Lassen Sie die Bauteile in der Verpackung, bis sie gebraucht werden

- Tragen Sie ein leitfähiges Armband oder berühre mit der Hand blanke, geerdete Flächen (z.B. Heizkörper) bevor Sie die Bauteile anfassen.
- Achtung: Verbinden Sie sich niemals direkt mit Masse(!), das könnte lebensgefährlich werden. Die Erdung muss immer hochohmig sein ($\geq 1\text{M}\Omega$) erfolgen.
- Benutzen Sie eine ESD-sichere Lötstation mit Potentialausgleich (galvanisch getrennt).
- Benutzen Sie eine leitfähige Arbeitsunterlage, ebenfalls hochohmig geerdet.

Einordnen von Kondensatoren:

Kondensatoren werden nach K-Wert und Rastermaß (RM) eingeordnet.

Festkondensatoren mit kleinen Werten sind normalerweise mit 1, 2 oder 3 Ziffern ohne Dezimalpunkt gekennzeichnet. Wenn 1 oder 2 Ziffern zu sehen sind, ist das der Wert in pF (Picofarad). Wenn es 3 Ziffern sind, ist die dritte Ziffer ein Multiplikator (einfacher: die dritte Ziffer gibt die Zahl der Nullen an, die hinter den beiden ersten Ziffern stehen). Als Beispiel: Steht auf einem Kondensator die Zahl 151, so hat er 150 pF ($15 \cdot 10^1$), 330 bedeutet also 33 pF, und 102 bedeutet 1000 pF (oder 1nF). Abweichungen von dieser Regel werden in der Baumappte an entsprechender Stelle beschrieben.

Festkondensatoren mit Werten von 1000pF oder mehr werden oft mit Dezimalzahlen beschrieben wie z.B.001, .047, oder 2.2. Diese Angaben beziehen sich immer auf Mikrofarad (μF). $1 \mu\text{F}$ entspricht $1.000.000 \text{ pF} = 1.000\text{nF}$.

Die meisten Kondensatoren haben ein Rastermaß (RM) von 5 mm. An Stellen, an denen ein Kondensator mit 2,5 mm benötigt wird, wird in der Baumappte ausdrücklich darauf hingewiesen.

Einordnen von Widerständen:

Die Widerstände werden nach Widerstandswert und vorgegebener Leistung geordnet. In der Regel werden hier Metallfilmwiderstände mit $\frac{1}{4}$ Watt eingesetzt. Sie sind ausgesucht nach der IEC-Widerstandsgrundwerte- Tabelle und können mit einer W-Dekade oder mit einem W- Werte- Schieber („Widerstand-Uhr“) ermittelt werden. Erfahrene Elektroniker kennen diese Werte auswendig.

Löttechnik:

Umwelt: Achten Sie auf ausreichende Be- und Entlüftung wenn Sie löten und vermeiden Sie das Einatmen der Lötdämpfe. Waschen Sie nach der Arbeit sorgfältig die Hände, da Blei- Rückstände hochgiftig sind. Lebensmittel, aber auch Zigaretten, haben während der Lötarbeiten nichts am Arbeitsplatz zu suchen, da sonst die gesundheitsschädliche Aufnahme von Blei unvermeidlich ist.

Geben Sie immer nur soviel Lötzinn zu wie eben benötigt wird, um das Bauteilbeinchen zu „umfließen“ und Kontakt zum Lötauge herzustellen. Die Bohrung in der Platine braucht nicht durchgängig gefüllt zu sein, ein „Berg“ an Lötzinn auf der anderen Seite der Platine ist nicht nur überflüssig, sondern sogar gefährlich. Sparsamer Umgang mit Lötzinn vermeidet Kurzschlüsse.

Das Lötzinn muss sowohl am Bauteil, als auch am Lötauge richtig fließen. Damit das zuverlässig funktioniert, müssen Bauteilanschluss und Lötauge gleichzeitig erhitzt werden. Dazu wird die LötKolbenspitze so platziert, dass Bauteilanschluss und Lötauge gleichzeitig berührt werden. Lötzinn erst zugeben, wenn beide Teile erhitzt sind.

Gute Lötstellen glänzen und sehen glatt und sauber aus. Erscheint eine Lötstelle stumpf oder rissig, ist sie möglicherweise „kalt“. Kalte Lötstellen müssen erst gesäubert und dann neu gelötet werden. Entfernen Sie als erstes möglichst viel von dem Lötzinn, in dem Sie es mit Entlötlitze absaugen und löten Sie die Lötstelle dann neu mit frischem Lötzinn. Entdecken Sie häufig kalte Lötstellen, so ist das ein Hinweis darauf, dass möglicherweise die Löttemperatur zu niedrig ist oder die LötKolbenspitze defekt oder verschmutzt ist.

Entlöttechnik:

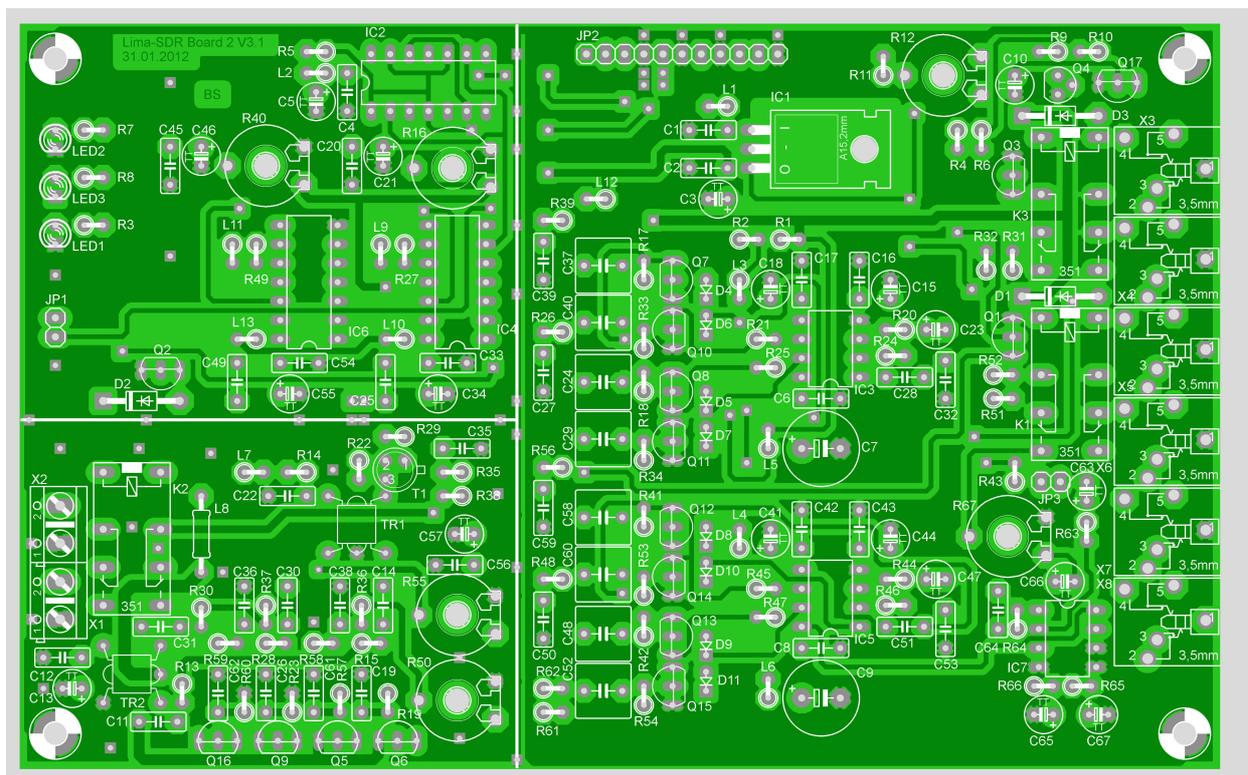
Die beste Entlöttechnik besteht darin, dass man die Notwendigkeit ein Teil auszulöten vermeidet. !! (Hi).

Prüfen Sie jeden Wert des Bauteils und die richtige Einbaurichtung vor dem Einbau zweimal, bevor Sie löten und beachten Sie die ESD Schutzmaßnahmen, damit die Teile nicht während des Einbaus beschädigt werden.

Wenn Teile ausgelötet werden müssen:

- Zerren Sie nicht an einem Bauteilbeinchen wenn nicht entweder das Zinn restlos entfernt ist oder aber die Lötstelle nicht auf Schmelztemperatur erhitzt ist. Es besteht die Gefahr, dass die Platine beschädigt wird.
- Begrenzen Sie den Kontakt zwischen LötKolben und Lötstelle auf wenige Sekunden pro Versuch
- Wenn Sie mit einer Entlötpumpe arbeiten wollen, benutzen Sie eine große Ausführung, denn die Kleinen arbeiten nicht besonders effizient.
- Der sicherste Weg ein IC und andere mehrbeinige Bauteile zu entfernen ist es, sie erst „bergmännisch“ zu zerlegen und dann jedes einzelne Beinchen individuell auszulöten. Es macht wenig Sinn beim Versuch das Bauteil zu retten die Platine zu zerstören. Besser noch verwendet man zum Einbau IC-Lötsocket.
- Dringend angeraten sei an dieser Stelle sich einen stabilen Platinenhalter für diese Arbeiten zu besorgen. Bitte nicht diese billige sogenannte „DRITTE HAND“, bei der die Platine mit Krokodilklemmen befestigt wird.
Einen wirklich guten Platinenhalter erhält man über den Leserservice des „FUNKAMATEUR“. Mit einem solchen Platinenhalter hat man beide Hände frei für den LötKolben und z.B. eine Zange.

4. Materialübersicht und Stücklisten



Leiterplatte *Lima-SDR Board 2 (TX)*

Bevor wir mit der Bestückung des *Lima-SDR Board 2 (TX)* beginnen, prüfen wir die vorhandenen Bauteile auf Vollständigkeit. Eine ausführlichere Stückliste finden Sie auf der folgenden Seite.

Anzahl der Bauteile bei vollständiger Bestückung:

67 Widerstände

67 Kondensatoren

15 Spulen

39 Halbleiter

24 Kleinteile wie Leiterplatte, Relais, Steckverbinder usw.

Mutige und ungeduldige Bastler können natürlich die Leiterplatte sofort mit allen Bauteilen bestücken und dann hoffen, dass alles funktioniert. Es ist jedoch ratsam, sich an meine Schritt für Schritt Vorgehensweise zu halten. Durch Teilaufbauten (**Schritt 1 bis 9**) können die aufgebauten Schaltungsteile auf Funktion getestet werden, wodurch eine erforderliche Fehlersuche vereinfacht wird. (Die durchzuführenden Messungen sind kumulierend). Bei einem Fehler braucht dann nur der zuletzt bestückte Schaltungsteil untersucht werden. Beachten Sie aber unbedingt die besondere Vorbereitung einiger Bauteile.

Ich wünsche nun viel Erfolg (55) beim Basteln...

Gesamtstückliste Lima-SDR Board 2 (TX), Stand 31.01.2012

Anzahl	Wert	Bezeichnung	Anzahl	Wert	Bezeichnung
Widerstände:			Halbleiter:		
1	100k	Metallfilmwiderstand	1	74AC74N	TTL-IC
8	47k	Metallfilmwiderstand	2	74HC4066N	TTL-IC
10	10k	Metallfilmwiderstand	2	NE5532N	Operationsverstärker
3	4k7	Metallfilmwiderstand	1	LM358	Operationsverstärker
2	3k9	Metallfilmwiderstand	1	µA7805	Spannungsregler
4	2k7	Metallfilmwiderstand	5	BS170	FET
4	2k2	Metallfilmwiderstand	1	2N2222A	Transistor
3	1k	Metallfilmwiderstand	8	BC546B	Transistor
2	680R	Metallfilmwiderstand	4	BC556B	Transistor
3	510R	Metallfilmwiderstand	3	1N4004	Diode
3	470R	Metallfilmwiderstand	8	1N4148	Diode
1	220R	Metallfilmwiderstand	1	LED rot	3mm LED
1	22R	Metallfilmwiderstand	1	LED gelb	3mm LED
1	56R	Metallfilmwiderstand	1	LED grün	3mm LED
2	47R	Metallfilmwiderstand			
9	10R	Metallfilmwiderstand	Sonstiges:		
4	2R2	Metallfilmwiderstand	2	Schraubklemme 2 pol.	
1	250k	Trimmer	6	Stereo-Klinkenbuchse 3,5 mm	
1	10k	Trimmer	3	Relay	
4	5k	Trimmer	3	IC-Sockel	(optional) 8-polig
			4	IC-Sockel	(optional) 14-polig
			1	Stiftleiste 1x11 wird zur Platine mitgeliefert	
			2	Stiftleiste 1x2	
Kondensatoren:			2	Jumper	
2	470µ/25V	Elko radial	4	Abstandsbolzen M3 x 15 mm	
8	10µ/16V	Tantalelko	1	Leiterplatte 100 x 160 mm Board 2 TX	
11	3µ3/16V	Tantalelko	1	Kleinteile wie M3 Schrauben u. Muttern	
8	4µ7	Folienkondensator	1	1m 0,2mm CUL-Draht	
25	100n	Vielschichtkondensator	1	50cm RG-174	
4	47n	Vielschichtkondensator			
4	10n	Keramikkondensator	Zubehör:		
2	1n	Keramikkondensator	2	Audiokabel	
3	100p	Keramikkondensator	1	Weißblechgehäuse	
Spulen:					
1	Drossel	UKW-Drossel			
1	Drossel	Eigenbau			
11	100µ	Festinduktivität			
2	HF Trafo	Doppellochkern			

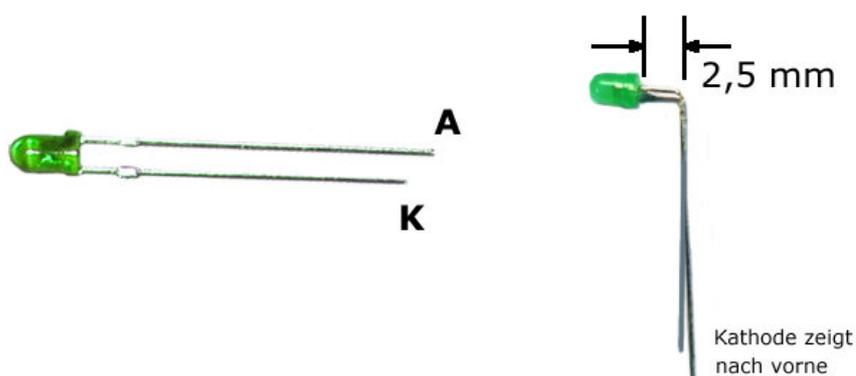
Eine ausführliche Stückliste mit Bestellnummern und Bezugsquellenangaben finden Sie im Teil 3 dieses Manuals.

5. Aufbaubeschreibung

Besondere Vorbereitung einiger Bauteile:

LEDs

Für die Anzeige verschiedener Betriebszustände, besitzt das Board 2 (TX) drei verschiedenfarbige LEDs. Diese LEDs werden vor der Montage wie im folgenden Bild abgewinkelt und können so später durch entsprechende Bohrungen im Weißblechgehäuse nach Außen geführt werden. Beim Biegen muß vorher die Polarität der Dioden festgestellt werden. Der längere Anschluß der Diode ist die Anode. Dieser Anschlußdraht wird später in das kreisrunde Lötauge der entsprechenden LED-Position gesteckt. Der kürzere Anschluß der LED ist die Kathode. Dieser Anschlußdraht wird später in das quadratische Lötauge gesteckt.



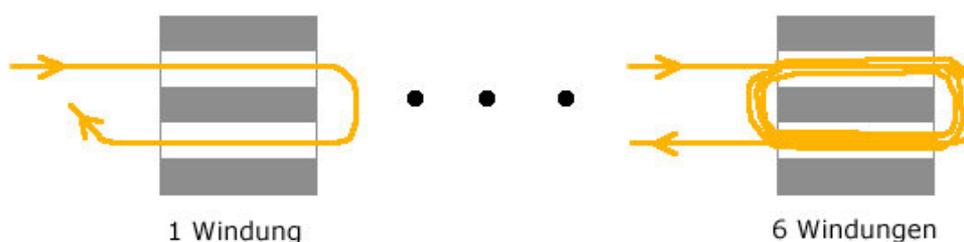
Halten Sie mit einer Spitzzange die Anschlußdrähte direkt hinter dem LED-Gehäuse fest und biegen Sie die freistehenden Drähte im Abstand von ca. 2,5mm um 90° nach unten.

HF-Trafo TR1

Als nächstes werden die beiden HF-Transformatoren TR1 und TR2 für die Treiber- und Endstufe vorbereitet. Beide Transformatoren bestehen aus einem Doppellochkern vom Typ BN 43-2402 und werden mit 0,2mm Kupferlackdraht gewickelt. Achten Sie beim Wickeln der Spulen unbedingt darauf, dass sich keine Schlaufen bilden und die Lackisolierung des Drahtes nicht durch die scharfen Kanten des Doppellochkerns beschädigt wird! Sollten Sie sich mal beim Wickeln der Spulen verzählen, dann entfernen Sie besser die Wicklungen und beginnen nocheinmal von neuem.

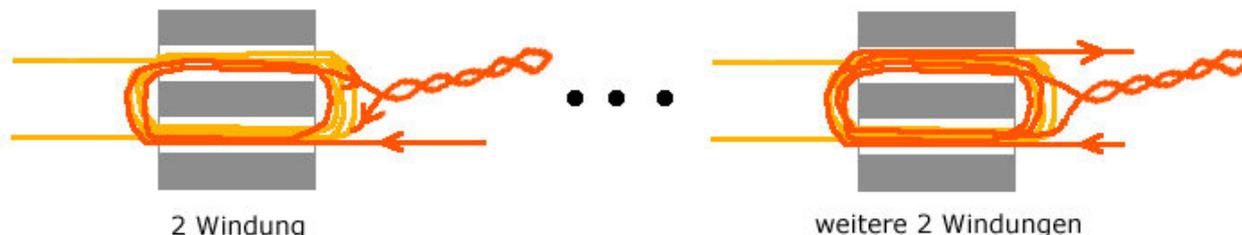
Der Trafo TR1 ist der Ausgangstrafo des Treibers und besteht aus 6 Windungen auf der Primärseite sowie 2 Windungen bifilar gewickelt auf der Sekundärseite. Beginnen Sie mit den 6 Windungen der Primärspule nach folgendem Schema:

TR1 Primärspule



Anschließend wickeln Sie die Sekundärspule beginnend mit 2 Windungen. Bilden Sie jetzt eine Schlaufe und verdrehen sie diese bis zu den Durchführungslöchern des Kerns. Anschließend wickeln Sie 2 weitere Windungen durch den Kern:

TR2 Sekundärspule



Kürzen Sie jetzt alle herausragenden Drähte auf ca. 10 mm und verzinnen Sie die Enden so, dass noch 5 mm Lack zum Kern übrig bleibt. Mit etwas 1000er Schleifpapier können Sie vorher den Lack vorsichtig abkratzen. Mit einem Ohmmeter prüfen Sie bitte jetzt, ob die Primärspule zum Kernmaterial und zur Sekundärspule keine elektrische Verbindung hat. Genauso prüfen Sie auch bitte ob zwischen der Sekundärspule und dem Kernmaterial keine elektrische Verbindung durch abgeschabten Lack entstanden ist. Beschriften oder markieren Sie den fertigen Kern mit einem Folienstift damit sie ihn später vom TR2 unterscheiden können.

HF-Trafo TR2

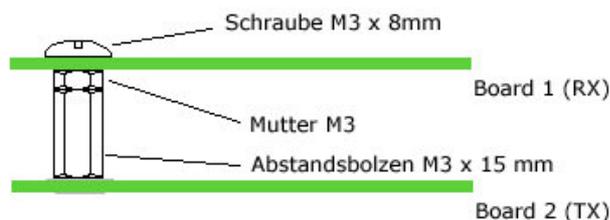
Der Trafo TR2 ist der Ausgangstrafo der PA und wird nach dem gleichen Schema, jedoch mit anderen Windungszahlen gewickelt. Beginnen Sie zuerst mit insgesamt 5 kompletten Windungen. Beim TR2 ist dies die Sekundärspule. Für die Primärspule wickeln Sie zuerst 2 Windungen, bilden dann wie beim Trafo TR1 eine verdrehte Schlaufe und wickeln danach weitere 2 Windungen durch den Kern. Zum Schluß kürzen und verzinnen Sie die Drahtenden wie beim Trafo TR1. Prüfen Sie auch bei diesem Trafo die Spulen auf Kurzschlüsse zueinander und zum Kernmaterial.

Drossel L7

Die Drossel L7 wird als einfache Luftspule gewickelt. Als Wickelkörper wird ein $\frac{1}{4}$ W Metallfilmwiderstand $>10k$ aus der Bastelkiste verwendet. Verzinnen Sie jetzt ein Ende des verbliebenen 0,2mm Lackdrahtes und löten dieses Ende an einem Anschluß des Widerstandes. Wickeln sie jetzt ca. 20 Windungen auf den Widerstandskörper. Da die Länge des Widerstandes nicht ganz ausreicht alle 20 Windungen nebeneinander aufzunehmen, kann die Spule mehrlagig gewickelt werden. Schneiden Sie den übrigen Draht soweit ab, dass noch genügend Länge zum Abisolieren und festlöten am anderen Widerstandsanschluß vorhanden ist. Nachdem Sie das zweite Ende angeschlossen und festgelötet haben, prüfen Sie bitte zum Schluß mit einem Ohmmeter die fertige Spule auf Durchgang (<1 Ohm).

Vorbereitung der RX-Platine und Montage der Stiftleiste

Damit das Board 2 (TX) in Betrieb genommen werden kann, muß es mit dem Board 1 (RX) verbunden werden. Die elektrische Verbindung erfolgt durch die 11 polige Buchsenleiste auf der Leiterseite des Bord 1 (RX) und einer 11 poligen Stiftleiste auf der Bestückungsseite des Board 2 (TX). Beide Platinen können dann als Sandwich zusammen gesteckt werden. Die TX-Platine befindet sich dann unter der RX-Platine. Damit der erforderliche Abstand von ca. 17 mm zwischen beiden Platinen gewährleistet ist, montieren Sie bitte als erstes die vier Abstandsbolzen wie in der folgenden Zeichnung dargestellt ist an den vier Befestigungslöchern der RX-Platine:



Die hier gezeigte Montageart dient zunächst nur zum Test und zum schnellen trennen der TX-Platine von der RX-Platine. Bei der späteren Gehäusemontage werden die Muttern und die Abstandsbolzen zueinander getauscht.

Die zum Board 2 (TX) mitgelieferte Stiftleiste ist etwas zu lang und muß gekürzt werden. Mit einem Seitenschneider kürzen Sie bitte alle 11 Pinne der Stiftleiste am langen Ende um 3 mm. Stecken Sie nun die Stiftleiste mit den langen Enden in die Buchsenleiste der RX-Platine. Sie können nun das Board 2 (TX) auf die so vorbereitete RX-Platine montieren. Führen Sie hierzu die kurzen Enden der Stiftleiste in die vorgesehenen Lötäugen der Position JP2 auf dem Board 2 (TX) und kontrollieren Sie, ob die TX-Platine ohne Spannung auf alle vier Abstandsbolzen aufliegt. Wenn nötig, können Sie die Stiftleiste noch etwas kürzen. Schrauben Sie jetzt die TX-Platine mit vier M3-Schrauben an den Abstandsbolzen fest. Wenn Sie jetzt noch den Sitz der Stiftleiste so korrigieren, dass der Plastikhalter der Stiftleiste bündig auf der Bestückungsseite der TX-Platine aufliegt, können Sie alle 11 Lötunkte der Stiftleiste mit der Platine verlöten.

Bestückung der Platine: BOARD 2 (TX)

Nachdem Sie die Vorbereitung abgeschlossen haben, beginnen Sie mit der Bestückung. Lösen Sie hierzu die vier Schrauben an der TX-Platine und ziehen Sie die Platinen vorsichtig auseinander. Für die späteren Test reicht es wenn Sie die beiden Platinen nur zusammen stecken und nicht mehr verschrauben.

Achtung!

Achten Sie aber immer darauf, dass die Stifte niemals versetzt zusammengesteckt werden. Dies kann beim anlegen der Versorgungsspannung zur sofortigen Zerstörung von Bauteilen auf beiden Platinen führen!

Wie bereits erwähnt, wird die Bestückung in Funktionsgruppen unterteilt, die jeweils am Ende der Bestückung getestet werden sollten (bessere Fehlereingrenzung!).

Achten Sie unbedingt darauf, dass Sie jedesmal nach einem abgeschlossenen (und hoffentlich erfolgreichen) Test die Versorgungsspannung abschalten und alle Verbindungskabel zum PC trennen. Bei der Fortsetzung der Bestückung könnten sonst Kurzschlüsse durch Ihre Werkzeuge erhebliche Schäden an dem Bausatz oder an dem noch angeschlossenen PC verursachen.

Auch sollten Sie unbedingt darauf achten, dass statische Aufladungen vermieden werden. Besondere Hinweise hierzu gebe ich an entsprechender Stelle. (Geerdeter Arbeitsplatz).

Bestückung und Test der 5V Stromversorgung:

Materialliste:

1 x Leiterplatte Lima-SDR Board 1 (RX)	
1 x Stiftleiste 1x11 pol.	JP2
1 x Spannungsregler 7805	IC1
2 x Trimmer 5k	R16, R40
6 x Tantalelko 3µ3/16V	C3, C5, C21, C34, C46, C55
1 x Tantalelko 10µ/16V	C67
7 x Vielschichtkondensator 100nF	C1, C2, C4, C20, C33, C45, C54
6 x Festinduktivität 100µH	L1, L2, L9, L10, L11, L13

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der oben aufgeführten Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 1**. Der Spannungsregler IC1 wird liegend montiert und kann mit einer M3x5-Schraube und einer M3-Mutter gesichert werden. Eine Isolierung des Gehäuses zur Platine mittels Glimmerscheibe ist nicht erforderlich. Achten Sie besonders bei der Bestückung der Tantalelkos auf die Polarität.

Test der 5V Stromversorgung

Damit das Board 2 (TX) getestet werden kann, stecken Sie es wie bei der Montage der Stiftleiste mit dem Board 1 (RX) zusammen. Alle erforderlichen Messpunkte können nun von der Leiterseite (Unterseite) des Board2 (TX) erreicht werden und sind in einer gesonderten Zeichnung hinter den zugehörigen Bestückungsplänen dargestellt. Sorgen Sie dafür, dass vor jedem Test die Verbindungen des USB-Anschlusses zum PC und die Versorgungsspannung von 12V am Board 1 (RX) angeschlossen ist. Legen Sie die zusammengesteckten Leiterplatten auf eine isolierte Unterlage und schalten Sie die Stromversorgung ein. Der bis hierher beschriebene Arbeitsvorgang werde ich bei den nächsten Testanleitungen nicht noch einmal beschreiben und wird als gegeben vorausgesetzt. Die in den folgenden Tests angegebenen Stromaufnahmen beziehen sich immer auf einer eingestellten VFO-Frequenz von ca. 3,600 MHz bei einem Teilungsfaktor von 8 und eingeschaltetem Vorverstärker auf der RX-Platine. Nach dem Einschalten und dem Aufheizen der DSP-Heizung sollte die Stromaufnahme einen Wert von ca. 210mA nicht überschreiten. Mit einem Vielfachmessgerät können Sie jetzt die Spannungen der einzelnen Meßpunkte laut der folgenden Tabelle überprüfen. Gemessen wird gegen GND.

MP1	5V
MP2	5V
MP3	5V
MP4	2,5V mit Trimmer R16 einstellen
MP5	2,5V mit Trimmer R40 einstellen

Sollte der aufgenommene Strom zu hoch sein, so prüfen Sie Ihre Lötstellen auf Kurzschlüsse und kontrollieren Sie die Polarität aller Elkos. Bei fehlenden Spannungen suchen Sie nach nicht gelöteten Bauteilen. Hierbei sind besonders die Festinduktivitäten zu begutachten.

Wenn alle Spannungen stimmen, können Sie die Versorgungsspannung wieder abschalten. Trennen Sie nun alle Verbindungen zum PC und ziehen Sie vorsichtig die beiden Platinen wieder auseinander damit Sie mit der Bestückung der Leiterplatte fortfahren können. Auch diesen Arbeitsschritt werde ich in den folgenden Testanleitungen nicht mehr wiederholen.

Bestückung und Test der 12V Stromversorgung:

Materialliste:

1 x Metallfilmwiderstand 510R	R7
2 x Metallfilmwiderstand 1k	R1, R2
2 x Elko 470µF/25V	C7, C9
4 x Tantalelko 3µ3/16V	C15, C18, C41, C44
6 x Vielschichtkondensator 100nF	C6, C8, C16, C17, C42, C43
4 x Festinduktivität 100µH	L3, L4, L5, L6
1 x LED 3mm gelb	LED2

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 2**. Achten Sie auch hier auf die Polarität der Elkos. Die LED montieren Sie so, dass das Gehäuse auf der Leiterplatte aufliegt.

Test der 12V Stromversorgung

Schalten Sie die Stromversorgung ein und messen Sie zuerst die Stromaufnahme. Die Stromaufnahme sollte hierbei 240 mA nicht überschreiten. Die gelbe LED zeigt jetzt durch ihr Leuchten den eingeschalteten Betriebszustand an. Messen Sie jetzt die Spannungswert an den Meßpunkten laut der folgenden Tabelle. Gemessen wird wieder gegen GND

MP6	5,4V
MP7	11,2V
MP8	5,4V
MP9	11,2V

Sollte der aufgenommene Strom zu hoch sein, so prüfen Sie Ihre Lötstellen auf Kurzschlüsse und kontrollieren Sie die Polarität aller Elkos. Bei fehlenden Spannungen suchen Sie nach nicht gelöteten Bauteilen. Hierbei sind besonders die Festinduktivitäten zu begutachten. Eine langsam ansteigende Stromausnahme bis fast zum Kurzschluß deutet auf verpolte Tantalelkos hin.

Wenn alle Spannungen stimmen, können Sie die Versorgungsspannung wieder abschalten und mit der Bestückung der Leiterplatte fortfahren.

Bestückung und Test der Relaisschaltung:

Materialliste:

1 x Metallfilmwiderstand 4k7	R10
3 x Metallfilmwiderstand 2k2	R4, R5, R6
1 x Metallfilmwiderstand 1k	R11
1 x Metallfilmwiderstand 510R	R8
1 x Metallfilmwiderstand 220R	R9
1 x Trimmer 250k	R12
1 x Tantalelko 3µ3/16V	C10
1 x FET BS170	Q4 Bitte ESD-Schutz beachten!
4 x Transistor BC546B	Q1, Q2, Q3, Q17
3 x Diode 1N4004	D1, D2, D3
1 x LED 3mm rot	LED3
3 x Relay FIN 30.22.9 12V	K1, K2, K3

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 3**. Achten Sie auch hier besonders auf die Polarität der Dioden D1, D2 und D3 sowie des Tantalelkos C10.

Test der Relaisschaltung

Für die nächsten Test benötigen Sie eine SDR-Software die den SI570 auf der RX-Platine vollständig unterstützt. Als Grundlage meiner Beschreibung verwende ich von FlexRadio System die veränderte Software PowerSDR-IQ in der Version V1.19.. Ich setze voraus, dass diese Software auf Ihrem PC bereits installiert ist und Sie mit diesem Programm bereits einige Empfangsversuche erfolgreich durchgeführt haben. Im Kapitel 7 „Vorbereitung der SDR-Software“ finden Sie im Teil 3 dieses Manuals eine Anleitung, wie Sie die wichtigsten Parameter im Setup einstellen müssen damit Sie die Funktion des Board 2 (TX) testen und auch später mit Lima-SDR den Sendebetrieb aufnehmen können.

Schalten Sie nun die Stromversorgung an Ihrem Testaufbau ein und kontrollieren Sie wieder die Stromaufnahme. Der Strom sollte ca. 260 mA nicht übersteigen. Starten Sie auf Ihrem PC die [PowerSDR-Software](#) und betätigen Sie die [Starttaste](#). Sobald Sie die Taste [MOX](#) auf der Bedienoberfläche betätigen sollten die Relais auf Ihrem Board 2 (TX) hörbar schalten und die rote LED beginnt zu leuchten. Sind die Relais angezogen, steigt die Stromaufnahme um ca.

130 mA. Mit dem Trimmer R12 können Sie eine Anzugsverzögerung der Relais von mehreren 100 ms einstellen. Stellen Sie den Trimmer zunächst von der Leiterseite der Platine her gesehen ganz auf Rechtsanschlag so daß keine Verzögerung entsteht. Nach erfolgreichem Test können Sie die Software auf Ihrem PC beenden, die Versorgungsspannung wieder abschalten und mit der Bestückung der Leiterplatte fortfahren.

Bestückung und Test der NF-Umschaltung:

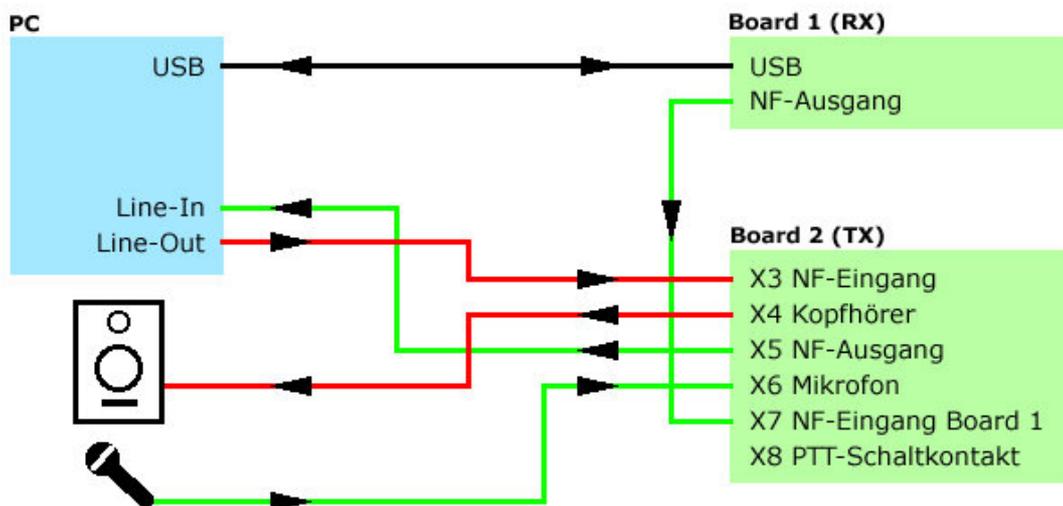
Materialliste:

4 x Metallfilmwiderstand 2k7	R31, R32, R51, R52
1 x Metallfilmwiderstand 510R	R3
1 x LED 3mm grün	LED1
1 x Stiftleisteleiste 1x2 pol.	JP1
1 x Jumper	
6 x Klinkenbuchse 3,5mm	X3, X4, X5, X6, X7, X8

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 4**. Achten Sie bei den Klinkenbuchsen darauf, dass die Gehäuse vollständig auf der Platinenoberfläche aufliegen. Damit die beiden Jumper nicht verloren gehen, stecken Sie diese zunächst versetzt auf nur einen Pin der Stiftleisten. Die Funktion der Jumper wird später beschrieben.

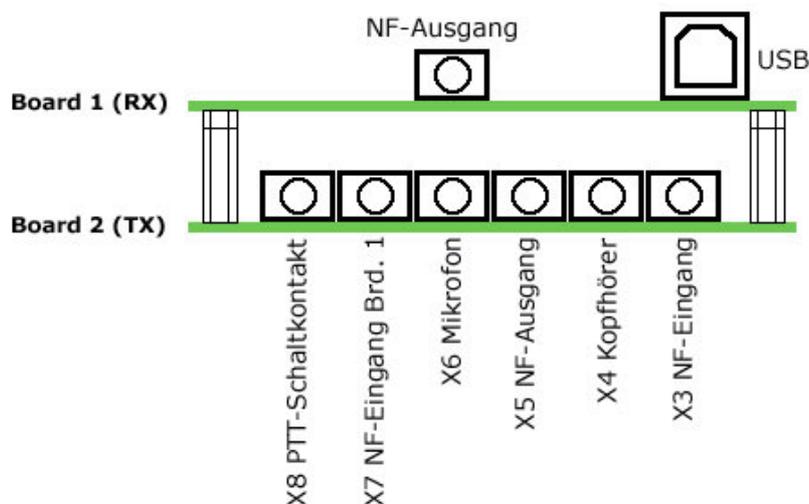
Test der NF-Umschaltung

Wie bereits in meiner Einleitung beschrieben wurde, haben Sie beim Board 2 (TX) die Möglichkeit auch mit einfachen zweikanaligen Soundkarten auf Sendung zu gehen. Mit Hilfe der Umschaltung ist die doppelte Verwendung der beiden NF-Kanäle der Soundkarte möglich. Für den nächsten Test verbinden Sie bitte Ihren Testaufbau nach folgendem Schema mit Ihrem PC und Ihrer Audioperipherie.



NF-Verbindungen zum Lima-SDR TRX bei zweikanaliger Soundkarte

Im nächsten Bild sehen Sie die Anordnung der vorhandenen Klinkenbuchsen beim *Lima*-SDR-TRX:

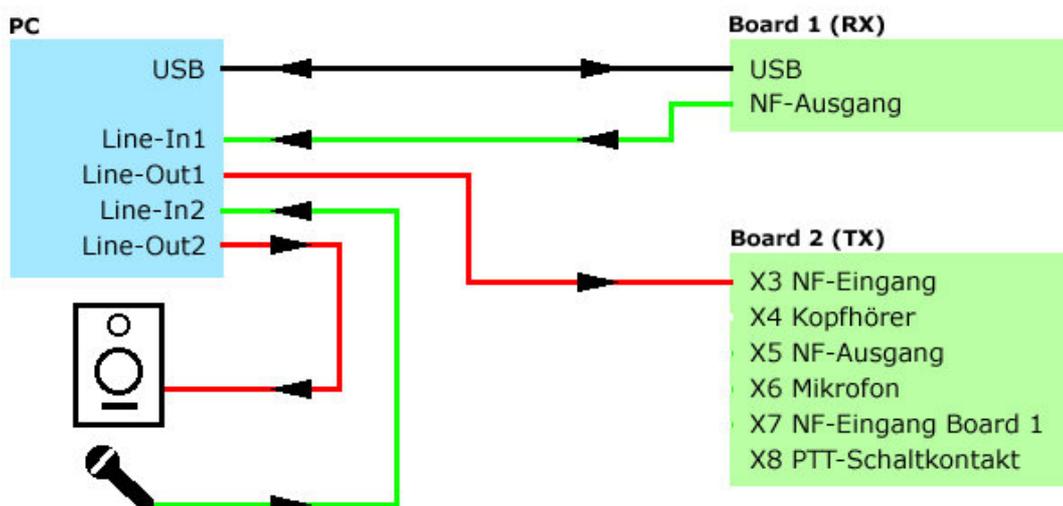


Anordnung der Klinkenbuchsen beim Lima-SDR

Schalten Sie nun die Stromversorgung an Ihrem Testaufbau ein und kontrollieren Sie wieder die Stromaufnahme. Der Strom sollte auch hier 260 mA nicht übersteigen. Starten Sie auf Ihrem PC die [PowerSDR-Software](#) und betätigen Sie die [Starttaste](#). Im Kopfhörer oder Lautsprecher müssen Sie jetzt wie gewohnt die Empfangenen Signale hören können. Schalten Sie die Software jetzt auf die Betriebsart [LSB](#), und betätigen Sie die Taste [TUN](#) links oben auf der Bedienoberfläche. Achten Sie darauf, dass der [Drive](#)-Regler auf der linken Seite der Bedienoberfläche auf 100% eingestellt ist. PowerSDR erzeugt jetzt ein Signal das später mit der VCO-Frequenz moduliert wird. Sobald die Relais auf Ihrem Board 2 (TX) wieder geschaltet haben und die rote LED zu leuchten beginnt, dürfen Sie in Ihren Lautsprechern diesen Abstimmton nicht hören.

Beim letzten Bestückungsschritt haben Sie noch eine grüne Leuchtdiode und den Jumper JP1 bestückt. Mit diesem Jumper können Sie den HF-Vorverstärker auf dem Board 1 (RX) einschalten und die grüne Leuchtdiode beginnt zu leuchten. Beim späteren Gehäuseeinbau können Sie an JP1 auch einen Miniaturschalter anschließen. Nach erfolgreichem Test beenden Sie wieder die Software und schalten die Versorgungsspannung an Ihrem Testaufbau aus.

Im folgenden Bild sehen Sie noch die Verschaltung der NF-Signale bei mehrkanaligen Soundkarten:



NF-Verbindungen zum Lima-SDR TRX bei mehrkanaligen Soundkarte

Bestückung und Test der Impedanzwandler:

Materialliste:

6 x Metallfilmwiderstand 10k	R21, R24, R25, R45, R46, R47
8 x Metallfilmwiderstand 47k	R17, R18, R33, R34, R41, R42, R53, R54
2 x Metallfilmwiderstand 4k7	R20, R44
4 x Metallfilmwiderstand 10R	R26, R39, R48, R56
2 x Tantalelko 10 μ /16V	C23, C47
8 x Folienkondensator 4 μ 7	C24, C29, C37, C40, C48, C52, C58, C60
4 x Keramikkondensator 10nF	C27, C39, C50, C59
2 x Keramikkondensator 1nF	C32, C53
2 x Keramikkondensator 100pF	C28, C51
2 x IC NE5532N	IC3, IC5
4 x Transistor BC546B	Q7, Q8, Q12, Q13
4 x Transistor BC556B	Q10, Q11, Q14, Q15
8 x Diode 1N4148	D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 5**. Achten Sie wie bei den vorherigen Arbeitsschritten auf die richtige Polarität der Tantalelkos und besonders auf die korrekte Richtung der Dioden, Transistoren und der IC's.

Test der Impedanzwandler

Die Funktion der Impedanzwandler können Sie nur mit einem Oszilloskop vernünftig kontrollieren. Es ist wichtig, dass die NF-Signale der Soundkarte verzerrungsfrei an den angegebenen Meßpunkten auf dem Board 2 (TX) anstehen. Zur Not kann mit einem hochwertigen Kopfhörer (>50Ohm) geprüft werden, ob überhaupt ein Signal ansteht. Da das Signal bei ca. 9 kHz liegt, läßt sich aber keine Aussage über die Qualität bzw. über die Verzerrungsfreiheit aussagen.

Für die folgenden Tests müssen Sie nicht unbedingt alle Kabelverbindungen zum PC herstellen. Es reicht wenn Sie nur das USB-Kabel und das Audiokabel vom Soundkartenausgang zur Klinkenbuchse NF-Eingang X3 des Board 2 (TX) anschließen.

Getestet wird wie folgt. Schalten Sie die Stromversorgung ein und kontrollieren Sie wieder die Stromaufnahme Ihres Testaufbaus. Die Stromaufnahme sollte bei ca. 270 mA liegen. Starten Sie auf Ihrem PC die PowerSDR-Software und betätigen Sie die **Start**-Taste. Stellen Sie eine VCO-Frequenz im 80m Band ein und als Modulationsart LSB. Die Software bietet für den Test des Sendeteils die Möglichkeit ein Zweitonsignal zu generieren. Öffnen Sie das **Setup**-Fenster von PowerSDR und wählen Sie die Karteikarte **Tests**. Im linken Bereich des jetzt geöffneten Fensters finden Sie das Feld **Two Tone Test**. In diesem Feld können Sie die beiden NF-Frequenzen des Zweitonsignals festlegen, die Ausgangsleistung einstellen und mit der darunter befindlichen Taste **Start** auf Sendung gehen. Stellen Sie jetzt für **F1 700 Hz**, für **F2 1900 Hz** und **Power** zunächst auf **50** ein. Wenn Sie jetzt auf **Start** klicken, schalten wieder die Relais auf Ihrem Board 2 (TX) um und das von der Soundkarte aufbereitete Zweitonsignal gelangt zu den Impedanzwandlern auf Ihrem Board 2 (TX). Messen Sie jetzt das NF-Signal an den Meßpunkten MP10 und MP11. Mit dem Schieberegler **Drive** auf der Bedienoberfläche von PowerSDR versuchen Sie bitte das Signal auf ca. 250 mVss an dem Messpunkt einzustellen. Erreichen Sie die Spannung nicht, so kann es sein, dass der Gesamtlautstärkeregler Ihrer Soundkarte unter WIN zu leise eingestellt ist. Vermeiden Sie auf jeden Fall eine Übersteuerung des Systems, da sonst zwangsläufig die Intermodulationsprodukte unzulässig ansteigen und nicht mehr beherrschbar sind. Prüfen Sie jetzt mit Ihrem Oszilloskop die Signale an den Meßpunkten MP12 bis MP15. Die Signale müssen einen doppelten Pegel als an den Meßpunkten MP10 und MP11 aufweisen also ca. 500 mVss. Prüfen Sie auch, dass die Signale keine Verzerrungen wie z.B. abgeflachte Signalspitzen besitzen. Nach erfolgreichem Test können Sie wieder alles abschalten und mit der Bestückung fortfahren.

Bestückung und Test des Mikrofonverstärkers:

Materialliste:

1 x Metallfilmwiderstand 100k	R64
4 x Metallfilmwiderstand 10k	R43, R63, R65, R66
1 x Trimmer 10k	R67
3 x Tantalelko 10 μ /16V	C63, C65, C66
1 x Keramikkondensator 100pF	C64
1 x IC LM358	IC7
1 x Stiftleisteleiste 1x2 pol.	JP3
1 x Jumper	

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 6**. Achten Sie wie bei den vorherigen Arbeitsschritten auch hier auf die korrekte Richtung der IC's und der Tantalelkos.

Test des Mikrofonverstärkers

Als Testgenerator verwenden Sie die Software PowerSDR. Stellen Sie den Trimmer R67 so ein wie es im Bestückungsplan gezeigt ist. Hierdurch ist die maximale Verstärkung eingestellt. Ziehen Sie den Jumper zunächst von der Stiftleiste JP3 ab und verbinden Sie den Klinkenstecker der von der *Line-Out* Buchse des PC kommt mit den Mikrofoneingang X6 der Board 2 (TX). Vergessen Sie nicht den USB-Stecker am Board 1 (RX) zu verbinden. Getestet wird wie folgt. Schalten Sie die Stromversorgung ein und kontrollieren Sie wieder die Stromaufnahme Ihres Testaufbaus. Die Stromaufnahme sollte bei ca. 270 mA liegen. Starten Sie auf Ihrem PC die PowerSDR-Software und betätigen Sie die *Start-Taste*. Stellen Sie eine VCO-Frequenz im 80m Band ein und als Modulationsart *LSB*. Sobald Sie die *TUN*-Taste betätigen geht PowerSDR auf Sendung und erzeugt am NF-Ausgang der Soundkarte ein Sinussignal. Vergleichen Sie die Pegel des Signals am Klinkenstecker MP16 mit dem Signal am Messpunkt MP17. Die Amplitude am MP17 sollte ca. 10 mal größer sein als am MP16.

Bestückung und Test des Mischers:

Materialliste:

2 x Metallfilmwiderstand 47R	R27, R49	
2 x Vielschichtkondensator 100nF	C25, C49	
1 x IC 74AC74N	IC2	Bitte ESD-Schutz beachten!
2 x IC 74HC4066N	IC4, IC6	Bitte ESD-Schutz beachten!

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 7**. Achten Sie wie bei den vorherigen Arbeitsschritten auch hier auf die korrekte Richtung der IC's.

Test des Mischers

Sie sind jetzt an einem Punkt angekommen, wo Ihr Lima-SDR TRX das erste mal verwertbare HF im Sendezweig erzeugen kann. Die beiden Trimmer R16 und R40 bleiben zunächst auf Mittelstellung eingestellt. Am Meßpunkt MP18 stehen Ihnen jetzt ca. -8 dBm HF-Leistung an 50 Ohm bei einer Signalausgangsspannung der Soundkarte von 0,25 Vss zur Verfügung. Die Höhe der NF-Spannung der Soundkarte wirkt sich unmittelbar auf die erzeugte HF-Leistung aus. Die Ausgangsleistung kann unter anderem bei PowerSDR über den *Drive*-Regler auf der Bedienoberfläche eingestellt werden. Zusätzlich wirkt sich aber auch bei zweikanaligen Soundkarten der *Gesamtlautstärkeregler* über den zugehörigen Windowstreiber aus. Sollten Sie die Signalstärke von 0,25Vss am NF-Ausgang Ihrer Soundkarte nicht erreichen, so kontrollieren Sie also auch den Lautstärkeregler Ihrer Soundkarte. Eine weitere Möglichkeit den Pegel anzuheben finden Sie im *Setup* von PowerSDR. Unter *PA Settings* gibt es eine Tabelle mit der Sie frequenz- bzw. bandabhängig das Ausgangssignal bis zu 10 dB anheben oder auch absenken können. Für einen einfachen Test des Mischers können Sie am Meßpunkt MP18 mit

einem Stück Koaxkabel (z.B. RG 174) das HF-Signal auskoppeln und auf einem Dummyload führen. Mit einem Zweitempfänger und einem Stück Draht als Antenne können Sie jetzt grob die Aussendung kontrollieren. Eine genauere Prüfung des erzeugten HF-Signals ist nur mit einem Spektrumanalysegerät oder einem zweiten SDR-Empfänger möglich. Verwenden Sie wieder *PowerSDR* und starten, wie bereits im Schritt 5 beschrieben, im Setup den *Zweitontest* oder versuchen Sie direkt eine Sprachaussendung über ein angeschlossenes Mikrofon. Vergessen Sie aber hierbei nicht, die komplette Verkabelung der Soundkarte auf den Seiten 16 – 17 vorzunehmen. Durch einen wechselseitigen Abgleich der beiden Trimmer R16 und R40 können Sie später ungewollte Aussendungen von Intermodulationsprodukten bzw. den Restträger bei SSB minimieren. Dieser Abgleich ist aber erst sinnvoll, wenn beide *Lima-SDR* Platinen in einem gut abgeschirmten Gehäuse verbaut sind.

Bestückung und Test der Treiberstufe:

Materialliste:

1 x Metallfilmwiderstand 470R	R29
1 x Metallfilmwiderstand 2k2	R22
1 x Metallfilmwiderstand 22R	R14
1 x Metallfilmwiderstand 56R	R38
1 x Metallfilmwiderstand 10R	R35
2 x Vielschichtkondensator 100nF	C22, C35
1 X Drossel	L7
1 x HF-Transformator	TR1
1 x Transistor 2N2222A	T1

Entfernen Sie wieder das Koaxkabel am MP18 des vorherigen Arbeitsschrittes und beginnen Sie dann mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 8**.

Achten Sie auch hier wieder auf die korrekte Richtung der Transistoren. Die beiden HF-Trafos dürfen Sie nicht vertauschen. Den Trafo TR1 haben Sie beim Wickeln gekennzeichnet. Achten Sie beim Löten der feinen Anschlußdrähte darauf, dass sie auch wirklich den verzinnten Bereich verlöten und nicht der Schutzlack in die Lötstelle hinein reicht. Die Drossel L7 ist die selbst gewickelte Drossel auf einem 10k Widerstand.

Test der Treiberstufe

Beim Test der Treiberstufe kontrollieren Sie nur die Signalpegel an den Meßpunkten MP19 und 20. Schalten Sie hierzu den Testaufbau ein und starten Sie in *PowerSDR* wieder den *Zweitontest*. Bei einem Signalpegel von 0,25V_{ss} am Soundkartenausgang sollten Sie an den Meßpunkten MP19 und MP20 jeweils mindestens 2,5V_{ss} gegen GND messen können. Wichtig ist hierbei, dass der Pegel an beiden Meßpunkten gleich groß sein müssen. Ist das nicht der Fall, dann überprüfen Sie bitte den HF-Trafo TR1.

Bestückung und Test der Endstufe:

Materialliste:

2 x Metallfilmwiderstand 3k9	R61, R62
2 x Metallfilmwiderstand 680R	R13, R30
2 x Metallfilmwiderstand 470R	R36, R37
4 x Metallfilmwiderstand 10R	R15, R28, R58, R59
4 x Metallfilmwiderstand 2R2	R19, R23, R57, R60
2 x Trimmer 5k	R50, R55
2 x Tantalelko 10µ/16V	C13, C57
8 x Vielschichtkondensator 100nF	C12, C14, C19, C26, C30, C56, C61, C62
4 x Vielschichtkondensator 47nF	C11, C31, C36, C38
1 x UKW-Drossel	L8

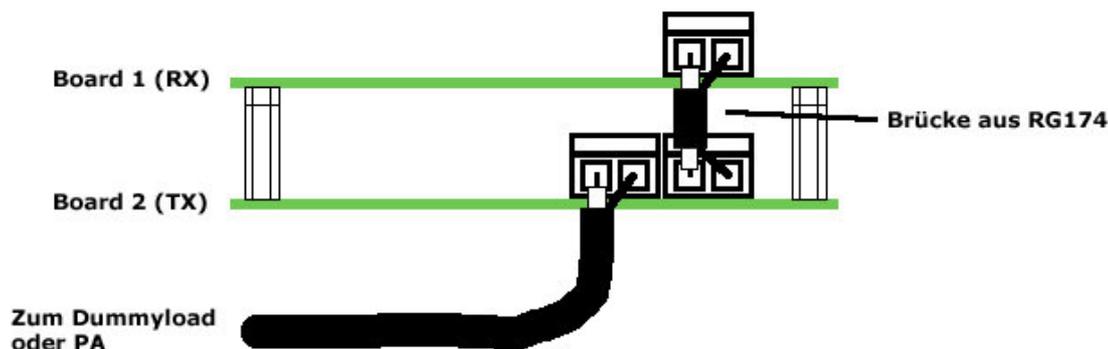
1 x Festinduktivität 100 μ H	L12	
1 x HF-Transformator	TR2	
4 x FET BS170	Q5, Q6, Q9, Q16	Bitte ESD-Schutz beachten!
2 x Schraubklemme	X1, X2	

Beginnen Sie jetzt mit der Bestückung der Bauteile gemäß der Zeichnung **Schritt 9**. Die Anschlussklemmen montieren sie bitte so, dass sie bündig ohne Abstand auf der Platinenoberfläche aufliegen. Die vier Transistoren Q5, Q6, Q9 und Q16 sollten später zur Kühlung mit Wärmeleitpaste und einem Blechstreifen an der Gehäusewand oder an dem rechts daneben befindlichen Abschirmblech befestigt werden. Stecken Sie aus diesem Grund die Transistoren nur so weit in die vorgesehenen Bohrungen der Leiterplatte, bis die Anschlußdrähte ca. 1mm auf der Lötseite herauschauen

Achten Sie auch hier wieder auf die Polarität der Tantalelkos und die korrekte Richtung der Transistoren. Achten Sie auch bei der Montage des HF-Transformators TR2, dass sie auch wirklich den verzinneten Bereich der Drähte verlöten und nicht der Schutzlack in die Lötstelle hinein reicht. Die Anschlussklemmen montieren sie bitte so, dass sie bündig ohne Abstand auf der Platinenoberfläche aufliegen.

Test der Endstufe

Bevor Sie mit dem Test beginnen, müssen Sie die beiden Trimmer R50 und R55 von der Lötseite her gesehen auf Linksanschlag stellen (Masseanschluß der Trimmer). Mit diesen Trimmern wird der Ruhestrom der Endstufentransistoren eingestellt. Ein zu hoher Ruhestrom (> 50mA) führt nach kurzer Zeit zur Zerstörung der Endstufentransistoren durch Überhitzung! Der Antennenanschluß wird jetzt anders als zuvor wie im folgenden Bild hergestellt.



Schalten Sie jetzt die Stromversorgung Ihres Testaufbaus ein und notieren Sie sich die Gesamtstromaufnahme. Stellen Sie jetzt zuerst mit dem Trimmer R55 vorsichtig einen um 15 mA höheren Strom ein. Notieren Sie sich auch diesen Wert und stellen Sie anschließend mit R50 vorsichtig einen wieder um 15 mA höheren Strom ein. Insgesamt haben Sie jetzt einen um 30 mA höhere Stromaufnahme als vor dem Abgleich. Die Arbeitspunkte der Endstufentransistoren sind somit voreingestellt.

Mit einem Spektrumanalyser und entsprechender Abschwächung am Eingang des Analysers können Sie anschließend mit einem Zweitontest die Intermodulationsabstände, Oberwellenanteile und Nebenaussendungen kontrollieren. Achten Sie immer darauf, dass die NF-Ausgangsspannung Ihrer Soundkarte von 0,25V_{SS} nicht überschritten wird. Durch leichte Veränderung der Trimmereinstellung von R50 und R55 können Sie später nach dem Gehäuseeinbau versuchen, die Intermodulationsabstände noch weiter zu optimieren. Achten Sie dabei aber immer auf die Stromaufnahme die einen Wert von 50 mA je Transistorzweig nicht überschreiten darf und die Transistoren gekühlt werden müssen.

Die Bestückung des Lima-SDR Board 2 (TX) ist hiermit abgeschlossen und ich wünsche Ihnen viel Freude mit Ihrem Lima-SDR-TRX.

Nützliche Hinweise zum Betrieb

Linearisieren der PA

Wie im Arbeitsschritt 7 (Aufbau des Mischers) bereits erwähnt, bietet Ihnen PowerSDR die Möglichkeit die Ausgangsleistung bandabhängig einzustellen und so die Endstufe über den gesamten Frequenzbereich weitestgehend zu linearisieren.

Spiegelfrequenzunterdrückung

Auch beim Senden werden durch unterschiedliche Amplituden und nicht korrekte Phasenlagen der IQ-Signale Spiegelfrequenzen erzeugt. Dies macht sich durch ungewollte Aussendungen z.B. im anderen Seitenband bemerkbar. In PowerSDR gibt es im *Setup* hierzu eine Korrekturmöglichkeit unter *DSP* und dann *Image Reject*. Beide Regler für *Phase* und *Gain* können wechselseitig so lange abgeglichen werden, bis die Spiegelfrequenz völlig unterdrückt ist. Achten Sie bitte darauf, dass diese Einstellung bandabhängig ist.

Unterdrückung der Oberwellen

Durch die Verwendung von digitalen Signalen bei der Mischung, werden zwangsläufig Oberwellen in erheblicher Größe produziert. Aus diesem Grund muß das Ausgangssignal durch entsprechend nachgeschalteter Tiefpaßfilter von den Oberwellenanteilen befreit werden.

Abschirmung

Auch beim Board 2 (TX) ist eine sichere Funktion nur durch eine ausreichende Abschirmung gewährleistet. Wie bei der RX-Platine sind hierfür auf der Bestückungsseite Trennwände angedeutet auf denen Abschirmbleche montiert werden können. Eine unzureichende Abschirmung macht sich z.B. durch einen hohen Restträger bei SSB bemerkbar. Auch kann es zu Einstrahlung der HF in den Mikrofoneingang kommen, wodurch im Kontrollempfänger eine Art Echo mit verschobenem Frequenzgang der Aussendung zu hören ist.

Bernd Wehner, DL9WB