

FLEX-1500 – Einsteiger-SDR und Nachsetzer für Transverterbetrieb

KLAUS LOHMANN – DK7XL, DL0SDR

Mit Erscheinen des FLEX-1500 rundet FlexRadio Systems [1] seine Modellpalette an softwaredefinierten Transceivern (SDR) um ein Einsteigermodell ab, das auch als Nachsetzer für den VHF/UHF- bzw. Mikrowellenbetrieb dienen kann. Der Beitrag befasst sich näher mit dem Aufbau und der Bedienung des FLEX-1500 und gibt Tipps zur Intermodulationsmessung mit der Software PowerSDR von FlexRadio Systems.

Mit dem neuen SDR, das aus zwei in einem DIN-Gehäuse untergebrachten Platinen im Europakartenformat besteht (Bild 1), ist auf den Kurzwellenbändern und auf 6 m QRP-Betrieb mit 5 W Ausgangsleistung möglich. Der FLEX-1500 benötigt nur eine USB-Verbindung zum PC oder Laptop und natürlich eine Antenne – schon kann der Betrieb mit der Software PowerSDR aufgenommen werden (PowerSDR™ ist ein eingetragenes Warenzeichen von FlexRadio Systems in Austin/Texas, USA). Das Hantieren mit Soundkarten und entsprechender Verkabelung ist bei der neuen Gerätegeneration von FlexRadio Systems (beginnend mit dem FLEX-5000 im Jahr 2007) entbehrlich geworden.

■ Digitalisierung an der Antenne oder im Basisband?

Mit dem FLEX-1500 folgt FlexRadio Systems konsequent seiner Entwicklungslinie und setzt bei der Schaltungsauslegung auf das bewährte *Quadratur-Sampling-Detektor-Prinzip* (QSD) bzw. beim Sender auf den *Quadratur-Sampling-Exciter* (QSE). Acht FET-Schalter sind als balancierte

gangsspektrum digitalisieren. Vertreter dieser Konzepte sind der ADT-200A, der Empfänger PERSEUS und die Hardware der Entwicklungsgruppe HPSDR [2]. Auch hier setzt der ADU die Grenze für den maximalen Aussteuerungsbereich (nicht zu verwechseln mit dem intermodulationsfreien Dynamikbereich), der letztlich auch Grundlage für den IMD DR3 ist.

Bei den derzeit im Amateurfunk verwendeten 16-Bit-A/D-Umsetzern wie dem LTC 2208 sind dies etwa 78 dBFS (engl. Abkürzung für *Dezibel full scale* – dies ist die Einheit der absoluten logarithmischen Skala in einem digitalen tontechnischen System). Nur durch Reduzierung der Bandbreite auf die beim QSD mit anschließender Digitalisierung üblichen Basisband-Bandbreiten ergibt sich ein Prozessgewinn, der insgesamt zu vergleichbarem Großsignalverhalten führt.

Die A/D-Umsetzung findet bei den softwaredefinierten Radios von FlexRadio Systems auf der Ebene des Basisbandes statt. Mit diesem Begriff ist jener Frequenzbereich gemeint, den man erhält, wenn die Hochfrequenz durch Direktüberlagerung



Bild 1: Das Gehäuse birgt zwei Platinen im Europakartenformat.

Fotos und Screenshots: DK7XL

Taylor-Mischer ausgelegt. Sie besitzen eine sehr gute Verträglichkeit gegenüber starken Eingangssignalen, sodass die Großsignaleigenschaften (d.h. der intermodulationsfreie Dynamikbereich *IMD DR3*) im Wesentlichen nur von dem nachfolgenden Analog-Digital-Umsetzer (ADU) abhängen. Das gilt genauso für die in jüngster Zeit immer populärer werdenden Konzepte, die direkt an der Antenne das gesamte Ein-

gangsspektrum gemischt wird. Das Basisband umfasst weit mehr als den hörbaren Bereich; je nach Abtastrate kann die nutzbare obere Begrenzung auch bei 200 kHz liegen. Beim FLEX-1500 beträgt die Abtastrate 48 kHz (also die doppelte *Nyquist-Bandbreite* – wegen der Parallelverarbeitung von I- und Q-Kanal), sodass das Basisband ebenfalls diesen Frequenzbereich abdeckt.

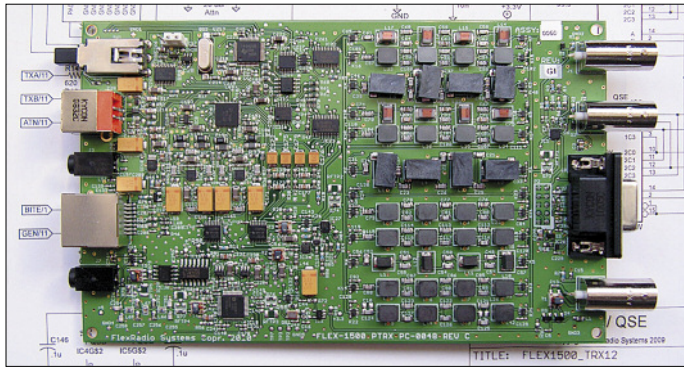
Tabelle 1: Einige technische Daten [1]

Allgemeines	
Empfangsfrequenzbereich	10 kHz ... 60 MHz
(Betriebsbereich – erfordert unterhalb 500 kHz externe Selektionsmittel; 160 m bis 6 m (spezifiziert nur für die Amateurfunkbänder))	
Sendefrequenzbereich	160 m ... 6 m (nur auf den Amateurfunkbändern)
Frequenzstabilität	± 2,5 ppm
Betriebstemperaturbereich	-10 °C ... +50 °C
Abstimmschrittweite	1 Hz minimal
Antennenimpedanz	50 Ω, unsymmetrisch
Stromaufnahme	RX 400 mA (typ.); TX (5 W) 2,0 A (max.)
Spannungsversorgung	13,8 V ±10 %
Abmessungen (B × H × T)	102 × 51 × 152 mm ³
Masse	0,9 kg
Empfänger	
Schaltungstyp	Direktüberlagerung
Zwischenfrequenz	per Software wählbar, von 0 Hz ... 20 kHz
MDS	
50 MHz: -138 dBm, B = 500 Hz (Preamp = +30)	
14 MHz: -127 dBm, B = 500 Hz (Preamp = +20)	
14 MHz: -116 dBm, B = 500 Hz (Preamp = 0)	
IP3: +21 dBm, B = 14 MHz (Preamp = 0) (S5/IM3-Methode)	
Trennschärfe (-6/-60 dB)	
CW @ 500 Hz: 500/640 Hz	
SSB @ 2,4 kHz: 2,39/2,54 kHz	
AM @ 6,6 kHz: 6,60/6,74 kHz	
alle Messungen bei 48 kS/s, 2048 Bit Buffer Size	
Spiegelfrequenzunterdrückung >100 dB mit aktivierter Funktion <i>Wide Band Image Reject</i>	
Sender	
Ausgangsleistung	0,05 ... 5 W nominal
Sendeararten	A1A (CWU, CWL), J3E (USB, LSB), A3E (AM), F3E (FM), Digital
Oberwellenunterdrückung	besser als 48 dB (160 m bis 10 m), besser als 60 dB (6 m)
IMD 3. Ordnung	besser als 32 dB unterhalb PEP @ 14,2 MHz, @ PEP = 5 W
Mikrofonimpedanz	600 Ω (200 Ω bis 10 kΩ)

Der verwendete A/D-Umsetzer könnte auch mit 96 kHz laufen, im Interesse der gleichzeitigen Signalverarbeitung in Empfangs- und Senderichtung hat der Hersteller aber darauf verzichtet. Dies gestaltet die Send-/Empfangsumschaltung über die Software einfacher und zuverlässiger.

■ Aufbau

Die gesamte Hardware findet, wie schon erwähnt, auf zwei Platinen im Europakartenformat Platz. Es gibt eine Transceiverplatine (Bild 2), die Frequenzaufbereitung, Empfängereingangsteil und A/D-Umsetzung sowie die komplette Signalaufbereitung für den Sender mit einer Leistung von 0 dBm (1 mW) enthält. Diese Platine allein reicht für den Nachsetzerbetrieb völlig aus. Die zweite Platine enthält den 5-W-Verstärker sowie Treiber, Endstufe und Tiefpassfilter (Bild 3).



Eingangsteil

Der Aufbau des Gerätes ist anhand des Blockschaltbilds (Bild 4) rasch erläutert. Softwaredefinierte Radios verfügen bekanntlich über weniger Hardware als konventionelle Transceiver. Wunder sind in der HF-Technik allerdings eher selten, und so sind auch für den FLEX-1500 klassische Selektionsmittel unverzichtbar. Ein elektronischer Hochfrequenzschalter (vier Eingänge) bewerkstelligt die Verteilung der

Bild 2: Transceiverplatine mit RX-Eingangs- und TX-Filtern sowie 10-MHz-Referenzgang und FlexWire-Schnittstelle

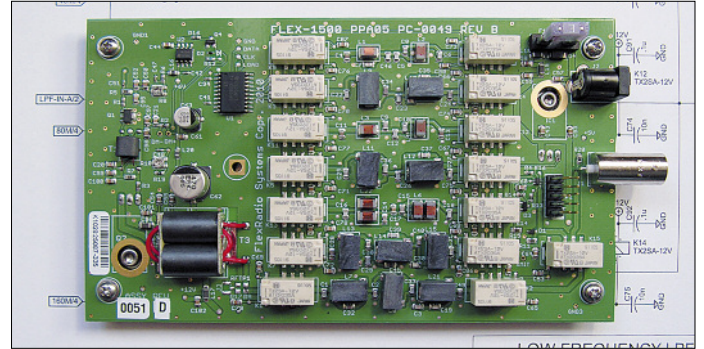


Bild 3: Ansicht der 5-W-Verstärkerplatine. Treiber und Verstärker sind Eintaktstufen (A-Betrieb).

Antenne, des Empfänger-Sender-Transverters, des Sendesignals zum Verstärker sowie eines selbst generierten Testsignals. Das Eingangssignal passiert zuerst eine Filterbank mit elf (!) Bandpassfiltern. Ein ADL5531 verstärkt die Signale, anschließend erfolgt deren Zuführung zum Empfänger-mischer (QSD). Die Filterbank stellt übrigens auch den Hochfrequenz-Abschluss für den Sender (QSE) dar, sodass bereits auf dieser Ebene vor dem Treiber eine Selektion stattfindet.

Tabelle 2 zeigt die zur Verfügung stehenden Filterbereiche. Der MW-Bereich ist also nicht ausgespart worden, was Experimente auf der Frequenz 500 kHz ermöglicht. Der Dynamikbereich (Aussteuerungsbereich) des A/D-Umsetzers beläuft sich auf 107 dB. Zur Berücksichtigung der jeweils

vorherrschenden Empfangsbedingungen (Frequenzbereich, Ausbreitungsbedingungen und verwendete Antennen) ist eine Verschiebung des Aussteuerungsbereichs durch Auswahl eines 10-dB-Abschwächers und unterschiedliche Einstellungen des Vorverstärkers bzw. der Basisbandverstärker um 40 dB möglich: entweder zugunsten höherer Empfindlichkeit, wenn man auf die Verarbeitung großer Signalamplituden verzichten kann (z.B. auf den höheren Bändern) oder wenn die Summensignale

Tabelle 2: Filterbereiche

500 kHz ... 800 kHz	6,4 MHz ... 9,8 MHz
800 kHz ... 1,2 MHz	9,8 MHz ... 15 MHz
1,2 MHz ... 1,8 MHz	15 MHz ... 23 MHz
1,8 MHz ... 2,7 MHz	23 MHz ... 35 MHz
2,7 MHz ... 4,2 MHz	35 MHz ... 54 MHz
4,2 MHz ... 6,4 MHz	

Bild 4: Vereinfachtes Blockschaltbild des FLEX-1500

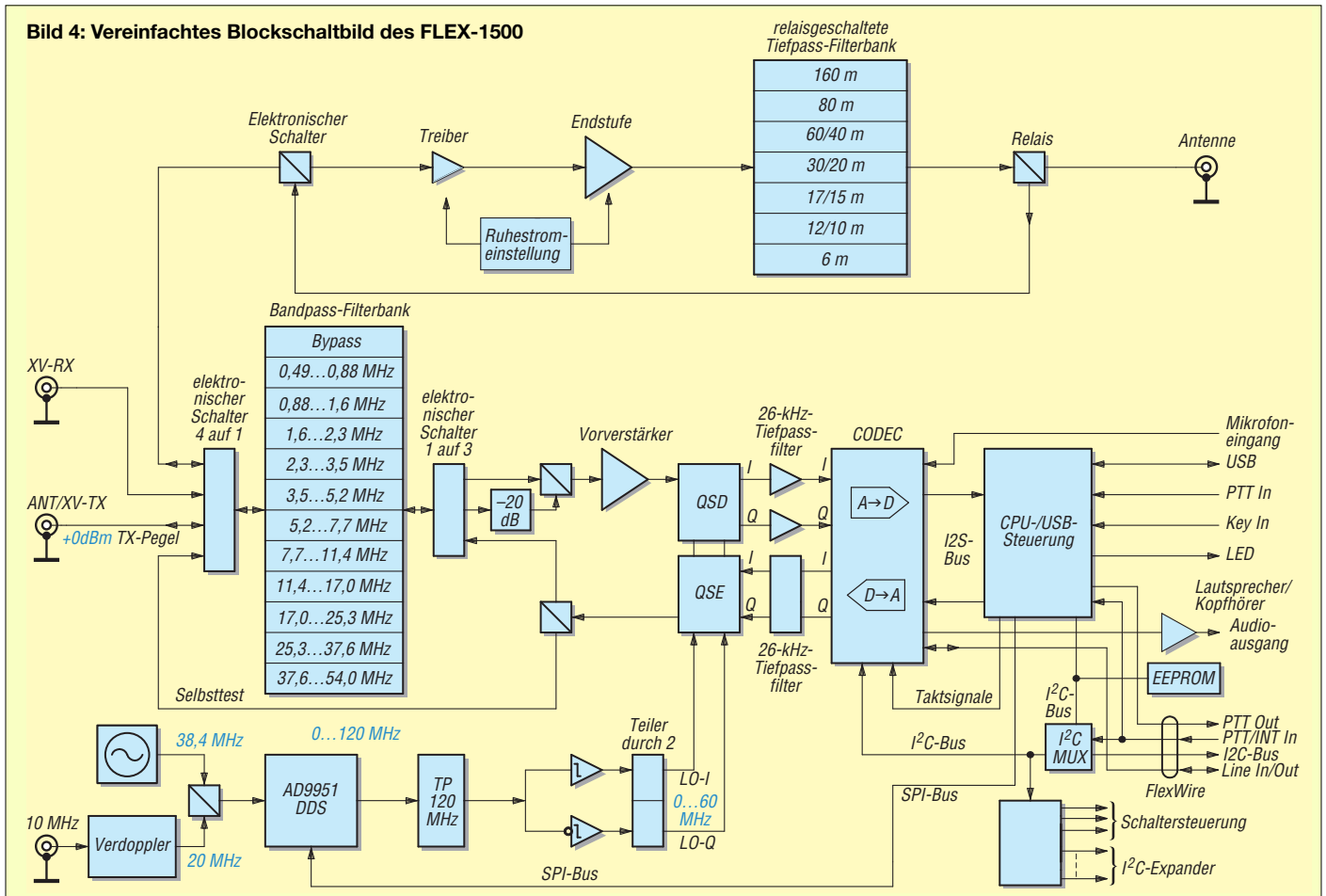




Bild 5: IMA-Messung mit PowerSDR an einem FLEX-1500 auf dem 80-m-Band, der nur mit etwa 1 W PEP angesteuert wird; als „Messgerät“ diente ein FLEX-3000.

an der Antenne sehr hoch sind und eine hohe Grenzempfindlichkeit nicht erforderlich bzw. unerwünscht ist (auf den unteren Bändern). Die fünf Abstufungen sind $-10/0/+10/+20/+30$ dB; der intermodulationsfreie Dynamikbereich beträgt 83 dB bei 2 kHz Signalabstand.

Frequenzauflösung

Die Versorgung der QSD und QSE (74CBT3253) geschieht mit der Empfangsfrequenz/Trägerfrequenz durch eine DDS (AD9951), die auf einem 38,4-MHz-Oszillator basiert. Die im DDS integrierte PLL erzeugt ein Oszillatorsignal von 0 MHz bis 120 MHz, das – nachdem es ein 120-MHz-Tiefpassfilter passiert hat – über einen Johnson-Zähler (Teilung durch 2) zu zwei Signalen von 0 MHz bis 60 MHz gewandelt wird, die exakt um 90° phasenverschoben sind (daher heißen sie auch *Sinus-* und *Kosinus-Signale*). Diese zwei Signale mit 90° Phasendifferenz lassen nun die Schalter im QSD/QSE entlang einer gedachten Achse „rotieren“, sodass I/Q-Signalaare im Basisband entstehen. Anders betrachtet: Es entstehen zwei um 90° gegeneinander verschobene Spektren.

Betrieb als Nachsetzer (Transverterbetrieb)

Der FLEX-1500 ist auch als Nachsetzer für Mikrowellenanwendungen einsetzbar, daher ist die Einspeisung einer externen 10-MHz-Referenz möglich, deren Zuführung zur DDS über einen Verdoppler läuft. Für den Transverterbetrieb ist zusätzlich von Bedeutung, dass die Zwischenfrequenzen auch außerhalb der Amateurfunkbänder liegen können, dafür sorgt die Firmware bzw. das Betriebsprogramm PowerSDR. Der Zwischenfrequenzgang liefert ein Signal mit ungefähr 0 dBm.

Basisbandstufe, Digitalisierung

Das Basisband aus dem QSD wird mit einem THS4520 verstärkt und dem 16-Bit-

Messungen von IM-Werten mit PowerSDR

Mit SDR und PowerSDR stehen als „Abfallprodukt“ der Technik jedem Funkamateurl Messmöglichkeiten zur Verfügung, die dem Amateurfunk eine neue Qualität geben. Besonders schnell sind die Eigenschaften eines Sendesignals zu erkennen: Trägerunterdrückung, Seitenbandunterdrückung und Intermodulationsprodukte sind sofort abschätzbar und im A/B-Vergleich von unbestechlicher Aussagekraft. Um Fehler bei der Interpretation hinsichtlich von Messungen der Intermodulation (IM) an Sendern und Endstufen zu vermeiden, sollte man Folgendes beachten:

1. Der in PowerSDR integrierte Zweitongenerator für IM-Messungen muss ohne Leveler, Componder, Equalizer usw. betrieben werden. Nur so ist sichergestellt, dass die Amplituden der beiden Töne exakt gleich sind.
2. Die Aussteuerung der Endstufe muss mit einem zuverlässigen Wattmeter überprüft werden, wobei entweder die Hüllkurvenspitzenleistung PEP (in Watt) oder die Effektivleistung zu bestimmen ist. Die Leistungsanzeige auf der Konsole ist dabei ein guter Anhaltspunkt, dennoch ersetzt sie keine genaue Messung.
3. Welche Leistung sollten wir wählen? Bei Zweitonaussteuerung ist es die maximal zulässige Höchstleistung der Endstufe (gemessen als PEP in Watt) oder die halbe maximale Ausgangsleistung, wenn die Effektivleistung gemessen werden soll.
4. Bei der symmetrischen Zweitonaussteuerung eines SSB-Senders gilt folgender Zusammenhang: Jeder Einzelton hat einen -6 -dB-Pegel gegenüber der Zweitonausgangsleistung (PEP) bzw. -3 dB gegenüber der effektiven Ausgangsleistung (P_{eff}). Anders ausgedrückt: Jeder Einzelton (hierbei ist P_{eff} gleich PEP) muss 6 dB unter der Summenleistung (PEP) bzw. 3 dB unter der effektiven Leistung (P_{eff}) liegen. Dazu ein Beispiel: Einzelton mit zweimal $P_{eff} = 25$ W ergeben 50 W Summenleistung bzw. 100 W Hüllkurvenspitzenleistung (PEP).
5. Die Messung der Hüllkurvenspitzen- und effektiven Leistung ist nicht trivial! In beiden Fällen können bei Zweitonsignalen böse Überraschungen auftauchen. Akzeptabel genau und noch erschwinglich ist das Wattmeter *PowerMaster* von *Array Solutions* – es misst zuverlässig auch die Hüllkurvenspitzenleistung PEP (mit einem Fehler von etwa 10 % bei einem Zweitonsignal).

A/D-Umsetzer TLV320AIC33 zugeführt. Wie schon beschrieben, findet hier parallel die A/D- bzw. D/A-Umsetzung des Sendesignals statt (CODEC). Dieser Chip weist einen Dynamikbereich von 107 dB für ADU und 100 dB für DAU auf.

Steuerung

Die Aufbereitung der digitalen Daten des Empfänger- und Sender-Signalstroms geschieht mittels TAS1020B für den Datentransport von bzw. zum PC/Notebook über eine USB-Schnittstelle. Die interne Steuerung der Hardware (DDS, CODEC, Filterschaltung usw.) erfolgt durch den bei FlexRadio Systems bewährten I²C-Standard sowie per SPI-Datenbus. Zum Anschluss von Peripherie (Antennensteuerung, End-

6. Wie können wir die gemessenen/beobachteten IM-Werte vergleichen bzw. interpretieren? Der Panoramaadapter von PowerSDR zeigt die IM-Produkte als Einzeltöne an. Das bedeutet, dass die mit PowerSDR gemessenen IM-Abstände sich immer auf den Abstand zu den Einzeltönen beziehen. Man gibt deshalb die Abstände auch in *dBc* (bezogen auf den Träger) an. Die Prospekte der Hersteller beziehen sich in der Regel auf die PEP des Summensignals, d. h. 30 dBc gemessen ergeben 36 dB (PEP) IM-Abstand. Zu den Größenordnungen der IM-Abstände: Die Zweitonaussteuerung stellt einen absoluten Sonderfall in der Aussteuerung des SSB-Senders dar. Sprachmodulation enthält so gut wie nie diese Bedingungen! Werden die Aussteuerungsgrenzen des Transceivers beachtet, so ist die Unterdrückung der IM-Produkte weit besser als die Messwerte der (statischen) Zweitonaussteuerung.
7. In Bild 5 ist exemplarisch die Messung des Intermodulationsabstands (IMA) mit einem FLEX-3000 als „Messgerät“ dargestellt. Dabei beträgt die Aussteuerung des FLEX-1500 im 80-m-Band lediglich PEP = 1 W. Ähnlich gute Ergebnisse sind auch auf den höheren Bändern zu erzielen. Die Auflösungsbandbreite der Spektrumanzeige liegt bei 11 Hz. Das Doppeltontsignal mit 700 Hz und 1900 Hz im unteren Seitenband wird mit $-57,8$ dBm angezeigt. Bei 82 dB Abschwächung sind dies rund 250 mW pro Ton – oder 1000 mW Aussteuerung (PEP) des Transceivers. Beide IM3-Signale weisen 1200 Hz Abstand zu dem unteren bzw. oberen Ton auf und werden mit -100 dBm gemessen, d. h. der IM3-Abstand beträgt 42,2 dBc, was 48,2 dB, bezogen auf PEP, entspricht. Die Testtöne werden durch PowerSDR selbst erzeugt und sind nahezu idealtypisch hinsichtlich Amplitudengleichheit, Klirrfaktor und Intermodulationsprodukte. Bei genauem Hinschauen ist bei 3671,5 kHz der Restträger des Transceivers mit -110 dBm erkennbar – d. h. er ist gegenüber den Einzeltönen mit 53 dBc bzw. gegenüber dem Zweitonsignal mit 59 dB, bezogen auf PEP, unterdrückt. Solche Messungen lassen sich auch im normalen QSO-Betrieb durchführen, jedoch kann insbesondere selektiver Schwund die Ergebnisse erheblich verfälschen. Deshalb sollte über mehrere Ablesungen sorgfältig gemittelt werden.

stufe, Preselektor usw.) steht die *FlexWire*-Schnittstelle (mit I²C) über eine *Sub-D9*-Buchse zur Verfügung. Hier lässt sich auch PTT-OUT für einen Verstärker entnehmen oder eine externe PTT-Steuerung des FLEX-1500 anlegen (PTT-IN). Audio-Ein- und Ausgänge stehen ebenfalls zur Verfügung.

Signalaufbereitung Sender

Das Sendesignal aus dem QSE passiert die Filterbank (elf Filter), die auch im Empfänger Verwendung findet, sodass ein schon entsprechend spektral reines Signal der Verstärkerplatine übergeben werden kann bzw. für den Transverterbetrieb mit näherungsweise 0 dBm zur Verfügung steht. Der Ausgang der Transceiverplatine ist mittels Softwareeinstellung nicht nur für den Transverterbetrieb nutzbar. Auch hier lässt sich ein externer Verstärker anschließen, wenn man den 0-dBm-Pegel als Ausgangsbasis nutzen möchte. Dies ist von Vorteil, wenn hoch verstärkende Linearendstufen zur Verfügung stehen, wie z. B. die *LV6*.

Treiber und 5-W-Verstärker

Auf der Verstärkerplatine verrichtet als Treiber ein RD00HHF1 im Eintaktbetrieb seinen Dienst mit 20 dB Verstärkung. Der 5-W-Verstärker besteht aus einem RD16HHF1, ebenfalls im Eintaktbetrieb (Klasse A), mit annähernd 17 dB Verstärkung. Ausschlaggebend sind dabei die eingestellten Ruheströme vom Treiber und der Endstufe. Die Ströme sind übrigens anders als bei FLEX-5000/3000 noch analog mit Potenziometer einzustellen – dies ist der Begrenzung des Aufwandes für einen SDR-Einstiegstranceiver geschuldet. Dem Verstärker folgen sieben Tiefpassfilter (jeweils siebenpolig), sodass die spektrale Reinheit des Signals den Anforderungen genügt. Alle Relais auf der Platine sind über den internen SPI-Bus steuerbar (SPI steht für engl. *serial peripheral interface*).

Wohl die wenigsten FLEX-1500 werden als echte QRP-Geräte eingesetzt – vielmehr können wir davon ausgehen, dass der FLEX-1500 als Ausgangsbasis für den Betrieb auf allen Bändern mit 750 W Ausgangsleistung Verwendung findet. Da kommt es schon darauf an, ein Sendesignal mit tadellosem IM-Abstand auf der QRP-Ebene zur Verfügung zu haben – siehe hierzu auch [3] und [4]. Der FLEX-1500 trägt dem Rechnung – wenn man nicht das letzte Watt „herausquetscht“, um eine Endstufe anzusteuern. Die IM-Abstände im Leistungsbereich von 1 W können sich in der Tat sehen lassen. Unterhalb von 2 W Ausgangsleistung erreichen die Intermodulationsabstände komfortable Werte (siehe Kasten mit Messung des FLEX-1500 so-

wie Bild 5), sodass bei Kaskadierung von Verstärkern die IM-Eigenschaften des Gesamtsystems nur unwesentlich schlechter sind als jene der letzten Leistungsstufe.

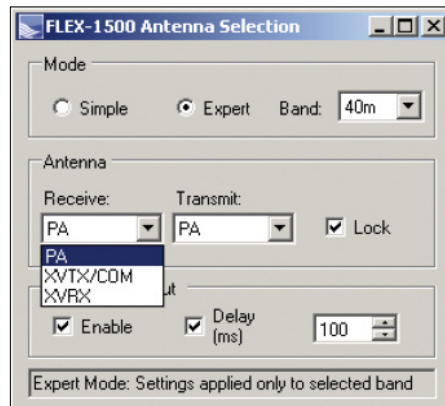


Bild 6: Die Software erlaubt, Empfängereingang und Senderausgang nicht nur für den Transverterbetrieb auf separate Ausgänge zu schalten. Die Konfiguration kann pro Band unterschiedlich sein.

■ Der praktische Betrieb

Ein softwaredefiniertes Radio besteht im Prinzip aus drei wesentlichen Komponenten:

1. Die *Hardware* bereitet das Antennensignal so weit auf, dass es digital umsetzbar ist. Zwei grundsätzliche Wege sind möglich:
 - Filterung, Vorverstärkung, analoge Mischung auf das Basisband – dort Analog/Digital-Umsetzung oder
 - Filterung, Vorverstärkung und anschließend Analog/Digital-Umsetzung mit digitaler Mischung auf dem Arbeitsfrequenzbereich (Bandbreitenreduzierung).
2. Die *digitale Signalverarbeitung (DSP)* für Empfänger und Sender ist die Betriebssoftware und bildet somit den Kern des SDR. In *PowerSDR2.0* stecken viele Mannjahre an Entwicklung. Erst die Software macht den SDR zum hochwertigen S/E-System – natürlich innerhalb der Grenzen der (noch) notwendigen Hardware. Wenn eine so leistungsfähige Software wie *PowerSDR* kostenfrei zur Verfügung steht, gerät oft in den Hintergrund, dass die Software eigentlich das Herzstück des SDR ist.
3. Das *Bedienprogramm* (im Englischen als *Human Interface, HI* bzw. *HMI*, bzw. *Graphical User Interface, GUI*, bezeichnet) stellt das Bedienprogramm dar. Es konfiguriert Hard- und Software und stellt die Funktionalitäten zur Verfügung. Bei *PowerSDR* von FlexRadio Systems heißt das Programm schlicht und einfach *Konsole*.

Für die Beurteilung, ob ein SDR dem Stand der Technik entspricht, sind alle drei Komponenten zu berücksichtigen.

Erste Inbetriebnahme

Der erstmalige Einsatz des kleinen SDR FLEX-1500 gestaltet sich sehr einfach. Musste man früher Treiber, ggf. Firmware und Software getrennt installieren bzw. auf den neuesten Stand bringen, so ändert sich dies mit dem FLEX-1500 grundsätzlich: Ein Installationsprogramm, der sog. *Installer*, liegt als eine einzige Datei vor, die sämtliche Installationsaufgaben übernimmt. Der Installer ist in der CD enthalten oder findet sich (in aktualisierter Version) auf der Website von FlexRadio Systems. Dies trifft auch auf FLEX-5000/3000 mit der nächsten offiziellen Version, also mit *PowerSDR 2.0.X* zu. Nach der Installation geht alles sehr schnell: Je nach Betriebssystem (Windows XP oder Windows Vista/Windows 7) sollte der FLEX-1500 als USB-Gerät erkannt und vom Betriebssystem integriert werden. Beim erstmaligen Aufruf von *PowerSDR* sind dann noch einige Konfigurationsschritte zu vollziehen und schon ist das SDR fertig zum Einsatz.

Neue Konsole PowerSDR 2.0

Derzeit ist hinsichtlich des Bedienprogramms und der digitalen Signalaufbereitung ein wichtiger Schritt im Gange – *PowerSDR 2.0* ist als offizieller Standard (*Official Release*) für softwaredefinierte Radios von FlexRadio Systems vorgesehen. Die Konsole bekam ein neues Gewand, das in den Farbgebungen weitgehend frei konfigurierbar ist. Aber auch die „inneren Werte“ überzeugen durch Softwaremodule wie automatische Spiegelfrequenzunterdrückung im gesamten Basisband (engl. *wide band image rejection* – WBIR) und die vollständige Überarbeitung der digitalen TX-Signalaufbereitung unter Einschluss der vielen Optimierungsmöglichkeiten (*Leveler, Componder, Compressor* usw.) sowie der ALC.

Die Bedienung des FLEX-1500 entspricht wegen der gemeinsamen Software *PowerSDR* dem seiner großen Brüder FLEX-5000/3000. Als Unterschied fällt lediglich auf, dass der sichtbare Bereich auf dem Panadapter bis max. 44 kHz reicht. Eine Einschränkung gibt es für VOX-Betrieb: Das Konzept des FLEX-1500 sieht einen I/Q-Kanal-Ausgang (zum PC) und einen I/Q-Kanal-Eingang (vom PC) vor. VOX-Betrieb würde aber die gleichzeitige Übertragung von RX-Ausgangs- und TX-Eingangsdaten erfordern. Dies ist hier nicht möglich. Bei PTT-Aktivierung überträgt der RX-Kanal MIC-Audio und der andere Kanal die I/Q-TX Daten. Die Aktivierung des zweiten RX wie beim FLEX-5000 fehlt natürlich, auch ein automatischer Antennenkoppler (ATU) wie beim FLEX-3000 ist nicht integriert. Dafür aber zeigt die Rückseite der kleinen SDR-Box, für wel-

chen Zweck sie zusätzlich bestimmt ist: Die Transverteranschlüsse liegen getrennt für den Eingangs- (XVRX) und den Ausgangsteil (XVTX/C) vor und sind von der Konsole aus ansprechbar – aber nicht nur für den Transverterbetrieb: Wer auf die weitere Verstärkung des Sendesignals mit der 5-W-PA verzichten will, kann sich für jedes Band des 0-dBm-Ausgangs bedienen. Der Intermodulationsabstand IMD3 liegt hier nochmals um einige Dezibel besser als mit dem 5-W-Verstärker bei reduzierter Leistung.

Es ist sicher keine schlechte Idee, einen ausgedienten KW-Transceiver ggf. defekt aber mit intaktem Treiber/PA auszuschlachten und so preiswert an eine 100-W-Endstufe einschließlich der Ausgangsfilter zu gelangen. Die Möglichkeiten der Umschaltung des RX-Eingangs und des TX-Ausgangs sind in Bild 6 deutlich zu sehen. So lässt sich der FLEX-1500 auch mit einer separaten RX-Antenne betreiben.

Wem die Bedienung ausschließlich über die Maus nicht behagt, kann mit externen Abstimmknöpfen (z.B. *Griffin PowerMate*) bzw. Bedienkonsolen aus der Videotechnik (*SchuttlePro*) neben der VFO-Abstimmung zahlreiche Funktionen auf mechanische Tasten außerhalb des Bildschirms verlagern.

Dokumentation

Der FLEX-1500 wird mit einer 25-seitigen Anleitung zur Inbetriebnahme (in Deutsch) ausgeliefert, die insbesondere die Installation für die verschiedenen Betriebssysteme erläutert. Für den FLEX-1500 gibt es ebenfalls ein deutsches Betriebshandbuch, welches PowerSDR 2.0.16 in Verbindung mit dem FLEX-1500 auf 180 Seiten umfangreich erläutert.

PowerSDR ist Software mit frei zugänglichem Quellcode (engl. *Open Source*) und deshalb in seiner Verwendung nicht an Hardware von FlexRadio Systems gebunden. Es existieren Derivate von PowerSDR für HPSDR, den FA-SDR und viele ähnliche Konzepte. Große Teile der deutschen Betriebsanleitung für den FLEX-1500 sind 1:1 auf diese Varianten von PowerSDR übertragbar [5].

■ Zusammenfassung

Der jüngste Spross der SDR-Familie von FlexRadio Systems kommt bescheiden als unauffällige Box daher. Die Leistungen, die mit dieser minimalen Hardware zu realisieren sind, lassen den FLEX-1500 in einem anderen Licht erscheinen.

Ein gutes Großsignalverhalten, nicht zuletzt aufgrund der hohen Variabilität der

Eingangsverstärkung sowie 5 W Ausgangsleistung, ermöglicht zuverlässigen QRP-Betrieb auf allen Bändern. Dank der einfachen Installation – nur ein USB-Kabel zum PC ist vonnöten – und der vollständigen Ausrüstung für den Transverterbetrieb, hat dieser Mini-Tranceiver bereits viele Freunde gefunden und etliche auf den „SDR-Geschmack“ gebracht.

Der FLEX-1500 lässt sich übrigens auf einem PC gleichzeitig mit FLEX-5000 oder FLEX-3000 betreiben. Damit steht jederzeit neben einem „großen“ SDR ein Überwachungsempfänger bzw. ein Nachsetzer für VHF/UHF zur Verfügung.

Klaus_Lohmann@t-online.de

Literatur und Bezugsquellen

- [1] FlexRadio Systems Austin, TX, USA: www.flexradio.com
- [2] HPSDR: <http://openhpsdr.org>; im Forum: www.DL0SDR.de → *HPSDR*
- [3] Hartfuss, H.-J., DL2MDQ: Intermodulation in Sender und Empfänger. www.DL0SDR.de → *Technische Entwicklung* → *Manuskripte zu Einzelthemen* → *Intermodulation Teil 1* (Registrierung erforderlich)
- [4] Arnold, H., DL2EWN: Mehr Sendeleistung für den FA-SDR-Transceiver (1). *FUNKAMATEUR* 59 (2010) H. 12, S. 1300–1301
- [5] FlexRadio Systems Representative for EU: FlexRadio-EU@t-online.de