



FLEX-6500 & FLEX-6700 HF/50MHz Transceiver
FLEX-6700R HF/VHF Receiver mit SmartSDR™

FLEX-6000

Signature Serie

Changing Ham Radio — Forever...



FLEX-6000™

Signature Serie

HF/VHF-Transceiver mit SmartSDR™

Stellen Sie sich einen Transceiver vor, der den Amateurfunk verändert — für immer...

FlexRadio Systems hat beginnend mit dem SDR-1000 das Gesicht des Amateurfunks verändert. Mit der neuen FLEX-6000 *Signature Serie* geschieht dies erneut. Es passiert nicht oft, dass sich einem Team von Experten die Möglichkeit bietet, mit einem weißen Blatt Papier zu beginnen und seine Idealvorstellungen davon, wie ein High Performance Transceiver in SDR-Technologie aussehen sollte, in die Tat umsetzen zu können. Stellen Sie sich vor, dass es FlexRadio Systems gelingt, alle Erfahrungen, die wir im Amateur-, Industrie- und Behördenbereich gesammelt haben, in einer neuen Klasse von Transceiver umzusetzen – und das nahezu ohne Grenzen. Stellen Sie sich weiterhin vor, dass diese neue SDR-Technik mit Fähigkeiten ausgestattet ist, die bisher nur für kommerzielle und Behörden-Anwendungen erschwinglich waren, denn erst jetzt können sie auch für den Amateurfunk kostengünstig realisiert werden. Nun haben Sie einen Transceiver vor Augen, der eine Ausgangsbasis sein wird für bisher nicht vorstellbare Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten. Das gilt sowohl für den Amateurfunk von heute, als auch für die Zukunft.

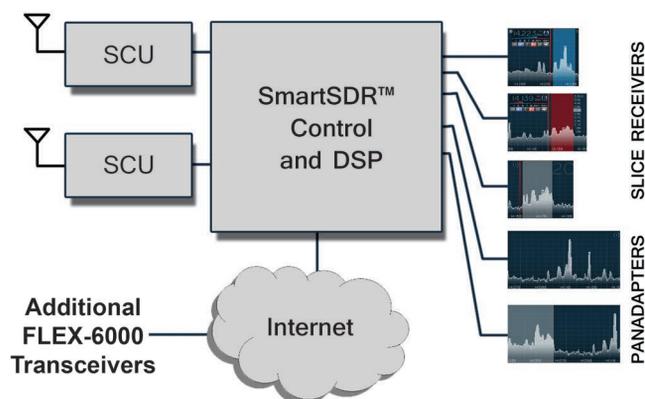
1

Malen Sie sich ein Programm namens SmartSDR™ aus, das ungeahnte Flexibilität erlaubt...

Mit der FLEX-6000 *Signature Serie* bringt FlexRadio dem Amateur eine Fülle von neuen Fähigkeiten, einschließlich der unmittelbar bereits an der Antennenbuchse beginnenden digitalen Empfangstechnik. Dies gilt auch für die Sendetechnik, die bis hinauf zur Sendefrequenz das Signal digital erzeugt und das von da an analog lediglich weiter verstärkt wird. Der Transceiver ist zudem für die Netzwerkkunterstützung ausgelegt. Den Kern all dieser neuen Eigenschaften bildet SmartSDR™. SmartSDR organisiert die komplette Signalverarbeitung in den Transceivern der FLEX-6000 *Signature Serie*. Es schafft so ein leistungsfähiges, immer wieder neu für die jeweiligen Aktivitäten konfigurierbares System. Jeder FLEX-6000 enthält mehrfach verwendbare Hardware-Blöcke. Zwei davon kann man als Eingangsteile verstehen. Diese erfassen, wie der Name Spectrum Capture Units (kurz SCU) sagt, jeweils unabhängig das gesamte Frequenzspektrum, das mit Hilfe spezifischer Funktionen virtu-

alisiert, d.h. in einem digitalen Datenstrom abgebildet wird. SmartSDR berücksichtigt die Fähigkeiten der einzelnen SCU und sorgt für optimale Betriebseinstellungen.

Die digitalisierten Empfangsdaten aus den SCU werden an ein Field Programmable Gate Array (FPGA) mit einer Datengeschwindigkeit von insgesamt mehr als 7,8 Gbps (Milliarden Bit pro Sekunde) übergeben. Im FPGA finden durch mathematische Algorithmen auf digitaler Ebene Operationen wie Mischung und Dezimierung sowie Filterung statt. SmartSDR steuert die digitale Signalverarbeitung (Digital Signal Processing - DSP) von diesen Daten und teilt sie auf einzelne Panadapter und Empfänger (sog. Slice-Receiver) auf. Panadapter sind optische Anzeigen des Signalspektrums, wie sie vom Spektrumanalysator bekannt sind - allerdings mit für den Amateurfunk spezifischen Funktionen ohne auf die hohe Messgenauigkeit von Spektrumanalysatoren zu verzichten. Jeder SCU können mehrere Empfänger „Slice Receiver“ kurz SR zugeordnet werden. Letzteren werden Ausschnitte des Gesamtspektrums, quasi „Scheiben“ aus dem Gesamtspektrum zugewiesen – deshalb engl. „Slice Receiver“. Slice Receiver stellen vollwertige Empfänger dar. Die Zuordnung Spektrum zu Slice Receiver und zu einer SCU ist jederzeit veränderbar bzw. auflösbar. Die Empfänger können sowohl direkt über



FLEX-6000 Signature Serie – netzwerkfähiges Transceiverkonzept

Lautsprecher oder Kopfhörer abgehört werden, als auch ihre Daten in digitalisierter Form zu externen Anwendungen d.h. an spezielle PC-Programme (für digitale Betriebsarten, CW-Dekodierung usw.) übermitteln. Die zu den Empfängern gehörenden Panadapter sowie die Empfänger selbst werden von Ihnen nach Belieben erzeugt und wieder entfernt.

Was SmartSDR auszeichnet, ist die Vereinfachung dieser komplexen Vorgänge in eine elegante grafische Benutzeroberfläche (Graphic User Interface), die Ihnen die vollständige Kontrolle über den Transceiver gibt. Möchten Sie zusätzliche Panadapter für 10m und 6m einrichten, um ein mögliches Öffnen der Bänder nicht zu verpassen? Kein Problem - klicken Sie einfach, um weitere Panadapter hinzu zu fügen. Daraufhin veranlasst SmartSDR alle notwendigen Einstellungen von der Signalverarbeitungs-Software bis hin zu den Filtern im Eingangsteil. Das Ergebnis sind optimal konfigurierte Empfänger nach Ihren Vorgaben. Wollen Sie alle CW-Signale auf 40m dekodieren, während Sie DX-Sta-

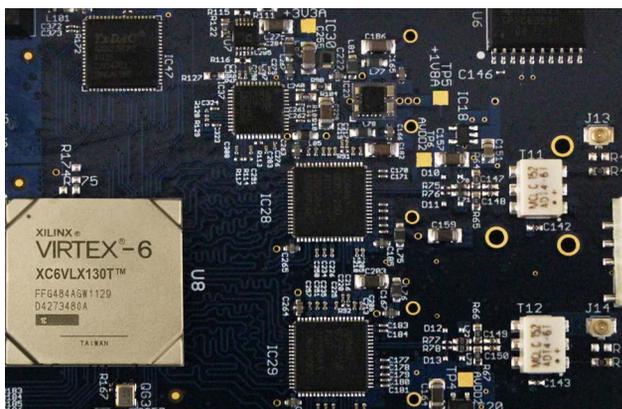


SmartSDR™ Bedienoberfläche (Graphical Interface)

tionen auf 20m arbeiten? Dazu sind nur ein paar „Klicks“ nötig. Wollen Sie 7 Repeater auf dem 2m-Band überwachen und gleichzeitig auf dem 80m-Band an einer Runde teilnehmen? Mit dem FLEX-6700 ist diese Einstellung schnell getan. Stellen Sie sich vor, dass in Zukunft weitere Transceiver der FLEX-6000 *Signature Serie* an beliebigen Standorten gleichberechtigte Partner in einer SmartSDR-Infrastruktur sein können. Was kann das bedeuten? Sie beziehen zwei Remote-Empfänger in Ihren Empfangskanal ein, damit Sie ohne Einschränkungen DX-Stationen arbeiten können – auch abseits von durch „Net Control“ organisiertem DX-Funkverkehr. All diese Möglichkeiten sind „nur ein paar Klicks entfernt“.

Komplexes erscheint unkompliziert...

Aus dem bisher Geschilderten wird deutlich, dass SmartSDR komplexe Hard- und Software nach Ihren Wünschen kombiniert und Ihren Transceiver elegant und einfach bedienbar erscheinen lässt. Genauso wie Smartphones und Tablet-PCs zu mobilen Computern für Jedermann geworden sind, setzt die SmartSDR – Architektur nun das Versprechen in die Tat um, ein Software Defined Radio für jeden Amateur zu sein.



FlexRadio hat für die Visualisierung des Funkbetriebes u.a. durch seine Panoramaanzeige in Verbindung mit Wasserfall- und oszilloskopischer Darstellung einen Standard geschaffen. Genauso wird SmartSDR eine neue Messlatte für die gesamte Anzeige und Bedienung des Software Defined Radio setzen. Die Softwareingenieure von FlexRadio Systems folgen dem Leitgedanken „Einfachheit“ und schaffen eine neue grafische Oberfläche, die leicht zu erlernen und zu bedienen ist. Mehrfach vorhandene, hochauflösende Panoramaadapter in Echtzeit ziehen bei SmartSDR die Aufmerksamkeit auf sich. Bedienelemente – alle mög-

lichst intuitiv zu verstehen - sind bewusst nicht immer sichtbar, um die Anzeigen nicht zu überfrachten. Sie sind jedoch - wenn erforderlich - sofort verfügbar.

Kompliziertes einfach zu gestalten – dazu gehört auch die Installation eines SDR-Systems auf dem PC, dem Notebook, Netbook usw. Zentrale Anforderung für die FLEX-6000 *Signature Serie* war eine Eigenschaft, die gemeinhin als „Plug-and-Play-Installation“ bezeichnet wird. Anspruch und Wirklichkeit hier zur Deckung zu bringen, ist mit den FLEX-6000 Geräten gelungen: Es sind keine speziellen Treiber oder Interface-Karten mehr zu installieren. Schlie-

ßen Sie einfach das Gerät an eine Antenne und an das 13,8 Volt Netzteil an. Verbinden sie den Transceiver mit Ihrem Netzwerk oder mit dem Netzwerkanschluss des PC. Laden Sie die SmartSDR Software und los geht's.

Netzwerkbetrieb beim FLEX-6000 ist eine grundsätzliche Eigenschaft und keine Zusatzoption...



Die Einbindung der Geräte der FLEX-6000 *Signature Serie* in ein Netzwerk (sog. „Networking“) ist das Herzstück der neuen FLEX-6000 *Signature Serie*. Ob innerhalb Ihres „Shack“ oder im Haus (Local Area Network - LAN) bzw. über die ganze Welt (WAN) - die-

se neuen Amateurfunkgeräte wurden mit neuesten Netzwerkfunktionen entworfen.

Jedes Gerät der FLEX-6000 *Signature Serie* besitzt einen 1 Gigabit Ethernet Anschluss zur direkten Verbindung mit dem PC oder anderen Anzeigegeräten, die künftig mit einbezogen werden können. Bei der ersten Auslieferung der FLEX-6000 *Signature Serie* ist der Betrieb in einem Heimnetzwerk (LAN) möglich. Zukünftige Versionen von SmartSDR werden den Betrieb von jedem Ort der Welt mit einer Internet-Verbindung ermöglichen. Deshalb wird auch kein zusätzlicher externer PC oder teurer Adapter am (abgesetzten) Ort der FLEX-6000 Geräte für den Remote-Betrieb notwendig sein.

Sie werden fragen: „Wozu das Ganze?“ Nun - was halten Sie von der Mitbenutzung eines FLEX-6000 Gerätes mit Ihren Freunden oder Ihrem Ortsverband des Klubs? Es ist für spätere Versionen von SmartSDR bereits daran gedacht, die gemeinsame Nutzung von Geräte-Ressourcen durch mehrere OMs – an der eigenen Station oder bei anderen OMs über das Netz (LAN oder WAN) zu ermöglichen. Dabei kann man an Multi-Multi-Kontestbetrieb, Fieldday-Stationen oder DX-Expeditionen denken, bei denen die dynamische Zuweisung von Empfängern (Slice Receiver) von jedem Arbeitsplatz aus möglich wird. Dies gilt gerade für DX-Expeditionen, wenn Sender und Empfänger isoliert aufgestellt sind und mit den Logging-Arbeitsplätzen nur über Ethernet-Kabel verbunden werden. Und Vereinsmitglieder werden in der Lage sein, eine Klubstation von zu Hause aus mit zu benutzen.

Der Amateurfunk steht aus unserer Sicht mindestens vor zwei zentralen Herausforderungen, auf die wir (unter anderem) auch technisch reagieren müssen:

1. Die Störpegel, die uns durch eine Vielzahl elektronischer Geräte als „Man Made Noise“ auf den KW-Bändern zugemutet werden, wachsen stetig.
2. Die Zahl der OMs, die unter Antennenrestriktionen leiden, nimmt ständig zu. Selbst wenn Platz bzw. Montagemöglichkeiten vorhanden sind, fehlt es oft an der Erlaubnis oder sie sind mit Auflagen verbunden, die den Betrieb stark einschränken.

Die Antwort auf diese Probleme sind Diversity Empfang – oder allgemeiner ausgedrückt, verbesserte Empfangsalgorithmen bei Nutzung unterschiedlicher Signalquellen z.B. zur aktiven Störunterdrückung. Dies begründet den Aufwand, der im FLEX-6700 und FLEX-6700R mit zwei SCU bzw. Eingangsteilen betrieben wird. Die Nutzung unterschiedlicher Empfangssignalquellen wird noch weiter geführt, wenn mehrere FLEX-6000 netzwerkfähig sind und sich deshalb Diversity Empfang über große Distanzen erstrecken kann.

Die Antwort auf Störemissionen und insbesondere Antennenbeschränkungen (übrigens auch „... im Land der unbegrenzten Möglichkeiten ein Thema!“) ist der Remote-Betrieb des SDR. Remote heißt hier aber nicht „ferngesteuert“ sondern die tatsächliche Abbildung des gesamten SDR-Systems auf dem abgesetzten Arbeitsplatz. Das ist die Netzwerkfähigkeit, auf die die FLEX-6000 *Signature Serie* abzielt.

3

Stellen Sie sich vor, dass Digitalisierung an der Antennenbuchse beginnt...

Die FLEX-6000 *Signature Serie* verwirklicht das ehrgeizige Ziel der Wandlung des analogen Hochfrequenzspektrums in einen digitalen Datenstrom direkt an der Antennenbuchse. Die Methoden der digitalen Abtastung und der digitalen Umsetzung der Frequenzbänder (Digital Down Conversion DDC) hebt in der Praxis die Leistungsbarrieren bisheriger

Transceiverkonzepte auf Basis von Superhetempfängern mit „Roofing Filter“ auf. Die Zeiten der mit dieser Schaltungstechnik verbundenen Misch- und ZF-Verstärkerstufen mit ihren Spiegelfrequenzen und Intermodulationsverzerrungen sind vorbei. Vorbei ist auch die Notwendigkeit für teure Quarz Roofing Filter, die zusätzliche Quellen für Verzerrungen sein können. Direkt Digitale Receiver sind deshalb ruhiger und beim Zuhören über längere Zeit weniger ermüdend. Schwache Signale in der Nähe des Grundrauschens sind leichter aufzunehmen aufgrund des Wegfalls von Verzerrungen u.a. durch Quarzfilter.

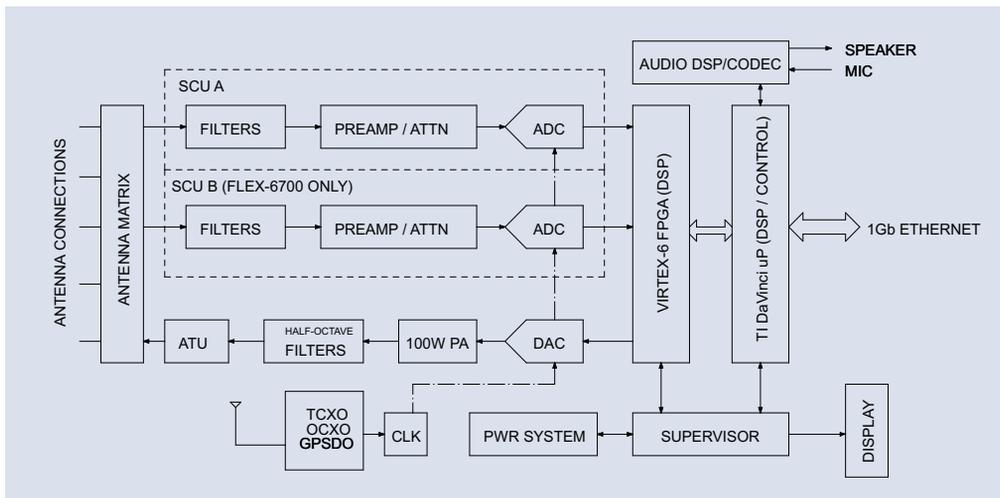
Bei der FLEX-6000 *Signature Serie* finden alle Mischfunktionen für Empfänger- und Sender sowie für die Filterung auf der digitalen Ebene statt. Mathematische Formeln, die digitale Funktionsblöcke im FPGA bilden, treten an Stelle dieser ehemals analogen Stufen. Sie ermöglichen nahezu idealtypische Mischer- bzw. Filtereigenschaften. Die gewünschte Seitenbandunterdrückung, Trägerunterdrückung und Spiegelfrequenzunterdrückung wird nicht mehr durch analoge Schaltungen wegen ihrer begrenzten Linearität eingeschränkt. Darüber hinaus sind durch die digitale Signalverarbeitung stufenlos variable und extrem steilflankige Filterdurchlasskurven möglich (sog. „Brick Wall Filter“) - ohne zusätzliche Verzerrungen bzw. das bei Quarzfiltern unvermeidliche Klingeln.

FLEX-6700 und FLEX-6700R enthalten zwei unabhängige, phasensynchrone 16-bit Analog-Digital Wandler (ADC) der Firma Analog Devices AD9467 mit 245,76 Msp/s (Mega Samples per second), die die direkte Digitalisierung des HF-Spektrums ermöglichen.

Jede der beiden Eingangsteile, die SCU genannten werden, erlauben den gleichzeitigen Empfang an ihren jeweiligen Antennen. Alternativ können beide ADC optimal kombiniert werden, um einen um 3 dB höheren Dynamikbereich zu liefern. Darüber hinaus sind zwei SCU die Voraussetzung für den schon erwähnten Diversity-Empfang oder für die Steuerung der Abstrahlrichtung (Beam-Steering), für aktive Störgeräuschunterdrückung und den gleichzeitigen Empfang über mehrere Antennen.

Der FLEX-6500 ist mit einer einzigen SCU ausgestattet.

Nicht nur der Empfang erfolgt digital von der Antennenbuchse an, sondern auch der Sender erzeugt sein Signal bis zur Sendefrequenz synthetisch mit Hilfe digitaler Signalverarbeitung bzw. Schaltungstechnik. Die Transceiver FLEX-6700 und FLEX-6500 nutzen einen 16-bit Digital-Analog Wandler (DAC) der Firma Analog Devices AD9122 mit einer Takt-



Blockbild der FLEX-6000 Signature Serie

bzw. Samplingrate von 491,52 Msps. Die direkte digitale Aufwärts- wandlung (Digital Up-Conversion - DUC) macht die herkömmliche analoge Mischung und ZF-Verstärkung überflüssig. Damit sind Trägerunterdrückung sowie die Unterdrückung des unerwünschten Seitenbandes idealtypisch hoch bei gleichzeitiger Minimierung der Nebenwellen und In-Band-Intermodulationsverzerrungen.

Stellen Sie sich bis zu 8 vollwertige Empfänger in einem Gerät vor...

Der FLEX-6700 Transceiver und FLEX-6700R Receiver erlaubt jeweils das Einrichten von bis zu 8 unabhängigen Slice-Receiver, die einen Empfangsbereich von 30 kHz bis 77 MHz, sowie von 135 MHz bis 165 MHz bieten. Der FLEX-6500 ermöglicht die Definition von bis zu 4 Slice-Receiver im Bereich von 30 kHz bis 77 MHz. Jeder Slice-Receiver verfügt über eine unabhängige Spektralanzeige mit bis zu 384 kHz Darstellungsbandbreite.

Slice-Receiver ermöglichen es Ihnen, gleichzeitig visuell und akustisch mehrere Frequenzen im selben Band oder auf mehreren Bändern zu überwachen. SO2R Konteststationen können auf mehreren Wettbewerbsbändern gleichzeitig nach Multiplikatoren suchen - und das in einem einzelnen Gerät. Was halten Sie vom Beobachten von Repeatern auf 10m, 6m, und 2m, und zwar zur gleichen Zeit? Oder die Definition von Slice-Receiver, um Baken permanent zu beobachten ... die Möglichkeiten erscheinen endlos.

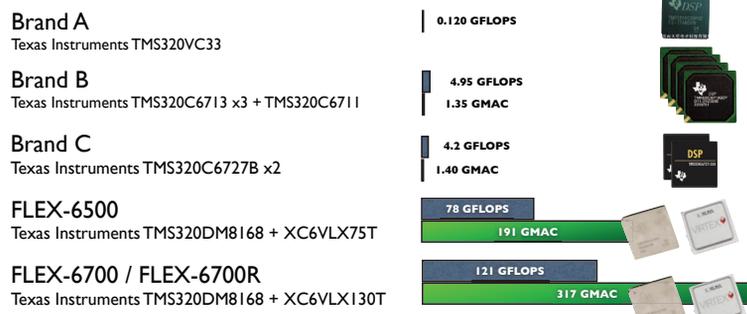
Stellen Sie sich einen so großen Dynamikbereich vor, dass er keine Einschränkung mehr darstellt...

Die direkte HF-Digitalwandlung ermöglicht der FLEX-6000 *Signature Serie* bis zu +45 dBm (3rd Order Intercept Point) und 110 dB intermodulationsfreien Dynamikbereich bezogen auf Intermodulationsprodukte 3. Ordnung (IMD DR3 - 3rd Order Dynamic Range) innerhalb der gewählten Filterbandbreite. Das bedeutet, dass der Dynamikbereich bei der FLEX-6000 *Signature Serie* nahezu unabhängig vom Abstand der interferierenden Signale (z.B. der Testsignale) ist – bis hinab zu 100 Hz Abstand, wenn dies messtechnisch nachprüfbar ist. Gemessen wird bei 2 kHz Abstand, der sich als Standard bei der Angabe des IMD DR3 herausgebildet hat. Was hat



das nun für eine praktische Bedeutung? Der hohe IMD DR3 lässt Sie in Pile Ups mit Leichtigkeit agieren - starke benachbarte Signale können aufgrund unzureichender Empfängereigenschaften nicht mehr stören. Zudem ermüden Sie bei schwachen Signalen deutlich weniger. Ermüdung geht oft einher mit den In-Band-Verzerrungen durch Quarzfilter, wie sie in analogen Funkgeräten zu finden sind. Ältere Geräte mit Mehrfach-Überlagerung und Roofing Filtern neigen zu Verzerrungen mit der Folge des verringerten Signal- zu Störabstandes in der Nähe oder innerhalb der gewählten Filterbandbreite. Deshalb werden mitunter IMD DR3 Werte bei höherem bzw. ohne jede Nennung des Abstands der Messsignale aufgeführt.

Mit der Erhöhung des IMD DR3, wird das Phasenrauschen (Phase Noise Dynamic Range - PNDR) des Empfängers zur dominierenden Größe für den IMD DR3. Wo PNDR der limitierende Faktor ist, finden sich in Testberichten oft Angaben „phase noise limited“. Ältere Geräte mit Mehrfach-Überlagerung verwenden Frequenzsynthesizer zur Frequenzbestimmung, was in der Regel mit hohem Phasenrauschen der Oszillatorfrequenz (Seitenbandrauschen) und Nebenwellen verbunden ist. Die FLEX-6000 *Signature Serie* erreicht Weltklasse bzgl. der PNDR-Werte durch die Verwendung eines Master-Oszillators mit niedrigem Phasenrauschen. Er arbeitet bei 983,04 Mhz – die Oszillatoren zur Bestimmung der Abtastrate im FLEX-6000 haben deshalb ein Phasenrauschen von besser als -130 dBc/ Hz im 1 kHz Abstand und -147 dBc/Hz im 10 kHz Abstand sowie -152 dBc/Hz im 100 kHz Abstand. Das erlaubt es, schwächere Signale zu hören und garantiert auch unter diesen Umständen ein sauberes Signal. Außer bei anspruchsvollsten Großsignal - Bedingungen (z.B. im Kontest oder bei Fieldday mit mehreren Stationen) können die Slice-Receiver im Breitband-Modus ohne HF-Vorfilter arbeiten. Dies ermöglicht die uneingeschränkte Wahl der Empfangsfrequenz unter Nutzung des maximal möglichen Dynamikbereichs.



An allen Standorten – außer vielleicht in weitgehend ungestörten ländlichen Gebieten - werden Vorverstärker in der Regel nicht benötigt. Im Gegenteil – sie sind für typischen KW-Betrieb auch nicht gewünscht! Da die ADCs in der FLEX-6000 *Signature Serie* intern durch Trennstufen gepuffert sind, können sie direkt mit der Antenne verbunden werden. Die ADCs „sehen“ damit immer einen impedanzrichtigen Abschluss. Andere ADC, die nicht gepuffert sind, müssen deshalb mit Vorverstärker betrieben werden. Erst der direkte Anschluss des ADC an die Antenne ermöglicht die uneingeschränkte Nutzung des Großsignalverhaltens

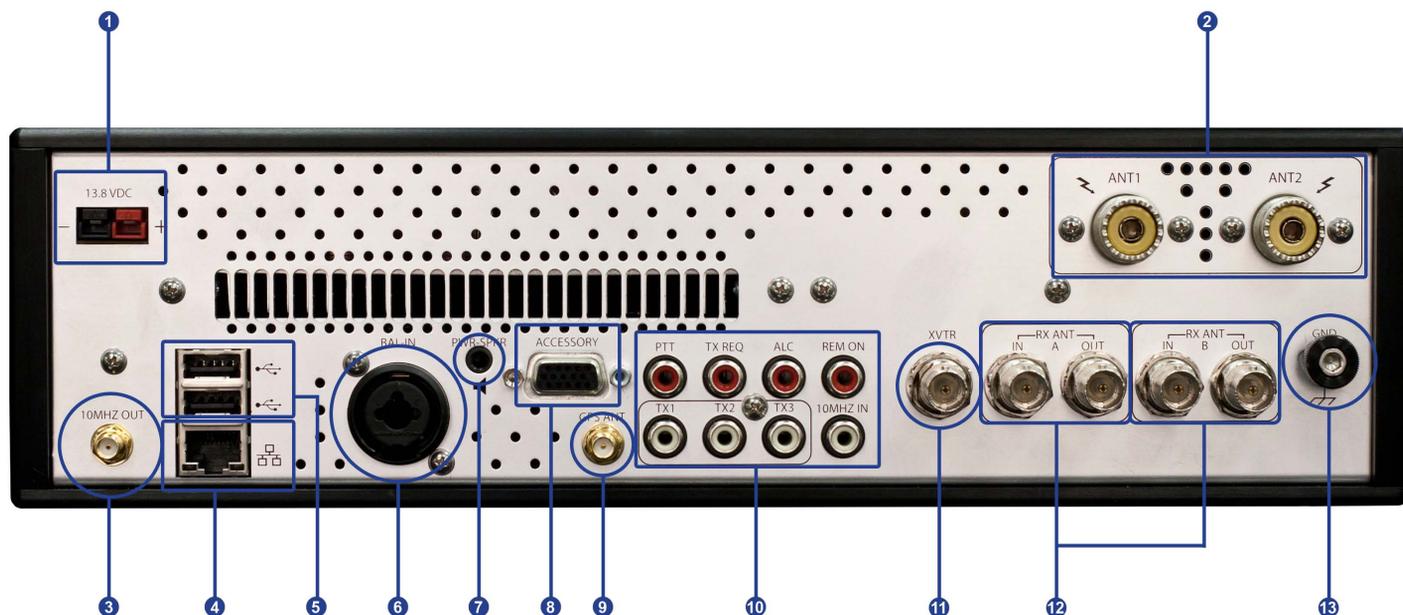
Transceiver DSP Leistungsvergleich in GMAC/GFLOPS

und sie garantiert zudem einen hohen nebenwellenfreien Dynamikbereich (spurious free dynamic range - SFDR). Ferner können die zwei SCU beim FLEX-6700 und FLEX-6700R so kombiniert werden, dass der Dynamikbereich (Blocking Dynamik Range - BDR) bis zu 3 dB und der IMD DR3 bis zu 2 dB weiter verbessert wird. Sofern doch einmal Vorverstärker benötigt werden sollten, enthalten alle Gerätemodelle für jedes Eingangsteil (SCU) einen Vorverstärker mit variabler Verstärkung vom Typ Analog Devices ADL5201 (Digital Variable Gain Amplifiers – DVGA). Diese Lösung ist optimal für die Kurzwelle und bis zum unteren VHF-Bereich: Denn der ADL5201 bietet einen Regelumfang von -11,5 dB bis +20 dB in 0,5 dB Schritten mit einem Rauschmaß (Noise Figure – NF) von 7,5 dB und einem typischen Output IP3 von bis zu +50 dBm bei 50 MHz. Der 31,5 dB Regelbereich des Dämpfungsglieds am Digitaleingang der DVGA's ermöglicht es, die Systemverstärkung bei variierenden Bandbedingungen mit dem Ziel der maximal möglichen Dynamik zu optimieren. Die Geräte FLEX-6700 und FLEX-6700R enthalten ferner einen weiteren HF-Verstärker Analog Devices ADL5534 mit +20 dB Verstärkung bei einer Rauschzahl von 2,5 dB und +39 dB Ausgangs IP3. Bei den genannten Modellen kann der ADL5534 in Serie (sog. Kaskadierung) mit dem DVGA vom Typ ADL5201 geschaltet werden. Dabei wird ein Dämpfungswert gewählt, um die Rauschzahl für den Betrieb im Bereich von 135 MHz bis 165 MHz optimal einzustellen. Die maximal mögliche Rauschzahl von 2 dB ist für den VHF-Betrieb mehr als ausreichend. Der engagierte VHF-Amateur wird ohnehin zur Vermeidung unwiederbringlicher Kabelverluste einen Vorverstärker direkt an der VHF-Antenne vorsehen, so dass in Verbindung mit der variablen Systemverstärkung der Dynamikbereich des Empfängers auch im VHF-Bereich uneingeschränkt genutzt werden kann.

Stellen Sie sich digitale Signalverarbeitung vor, die das Unvorstellbare ermöglicht...

Die FLEX-6000 *Signature Serie* packt mehr integrierte Digitale Signalverarbeitungsleistung in einen Amateurfunktransceiver als bisher je realisiert wurde. FLEX-6700 and FLEX-6700R leisten mit ihren Prozessoren unglaubliche 317 GMAC – das sind 317 Milliarden „Multiply-Accumulate-Operationen“ pro Sekunde und 121 GFLOPS (121 Milliarden Floating Point Operations pro Sekunde) bei Gleitkomma-Operationen. Der FLEX-6500 bietet ebenfalls Rechenleistung in bisher bei Amateurfunktransceivern nie da gewesenen Umfang: 191 GMAC und 78 GFLOPS. Diese hohe Rechenleistung qualifiziert die FLEX-6000 *Signature Serie* zu einer Plattform für neuartige Amateurfunk Kommunikationsanwendungen zu werden. In dieser Ausprägung wurde dies bisher nicht für möglich gehalten.

Die FLEX-6000 *Signature Serie* enthält einen Xilinx® Virtex®-6 FPGA-Baustein (Field Programmable Gate Array), der alle digitalen und Auf- und Abwärtskonvertierungen (DDC/DUC und DSP) für Sender und Empfänger sowie für die Spektralanalyse ausführt. Der FPGA arbeitet als Tandem zusammen mit einem Texas Instruments™ DaVinci™ Digital Media Prozessor. Dieser enthält eine 1,4 GHz CPU (1,2 GHz beim FLEX-6500) vom Typ ARM Cortex™-A8 mit einem NEON™ Gleitpunkt Koprozessor. Ferner ist ein 32-bit Gleitkomma DSP Koprozessor enthalten der mit 1,2 GHz getaktet ist (1,0 GHz beim FLEX-6500). Die CPU enthält 512 MByte aus 1,333 GHz DDR3 RAM, den 1 Gigabit Ethernet Port und zwei USB 2.0 Anschlüsse.



- | | | |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 +13,8 VDC Stromversorgung Eingang | 6 Eingang Mikrofon XLR - Bal Line In | 10 TX Relais Steuerung |
| 2 Antennenbuchsen 50 Ohm | 7 Ausgang aktiver Lautsprecher - Line Out | 11 Transverter ZF Anschluss (TX) |
| 3 Optionaler 10 MHz GPSDO Ausgang | 8 Eingang für Zubehör „Accessory“ | 12 SCU (RX) Antennenanschluss |
| 4 1 Gb Ethernet Anschluss | 9 Optionaler GPS Antennen Eingang | 13 Ground/Masse-Klemme |
| 5 USB 2.0 Peripherie Anschlüsse | | |

Der DaVinci-Prozessor führt die abschließende digitale Signalverarbeitung (DSP), Ethernet-Datenkommunikation und die Fernsteuerungsfunktionen für den Transceiver aus. Darüber hinaus beinhalten die Transceiver zwei programmierbare Prozessoren (sogenannte Programmable System-on-Chip - PSoC), jeweils für die beiden Hauptbaugruppen getrennt. Sie dienen für das System-Management und die Geräte-Steuerung.

Stellen Sie sich die gesamte digitale CW-Zeichenerzeugung als QSK-Hardware vor...

Die FLEX-6500 und FLEX-6700 Transceiver nutzen ihre FPGA Bausteine, um die CW-Zeichen unmittelbar digital auf der HF-Trägerfrequenz zu erzeugen. Dies bedeutet, dass der Hochfrequenzträger mit der Geschwindigkeit der FPGA-Hardware geschaltet wird, so dass die CW-Zeichen (insbesondere das erste Zeichen) in keiner Form verstümmelt werden können, wie es bei vielen anderen Schaltungstechniken häufiger vorkommt. Die CW-Zeichen Erzeugung in der FLEX-6000 *Signature Serie* ermöglicht es, zusammen mit der schnellen Sende- Empfangsumschaltung und in Kombination mit der schnellen Umschaltung der Arbeitspunkteinstellungen (BIAS) in der PA, eine minimale Zeit von weniger als 10 Millisekunden zwischen CW-Tasteneingabe bis zum HF-Output zu erreichen. Deshalb wird der Sender in der Betriebsart CW mit einer PIN-Diode geschaltet. Die Empfänger werden mit schnellen Reed-Relais von der Antenne bzw. dem Sender getrennt, so dass auch die Isolation optimal ist. Für Betriebsarten mit hohen Anforderungen an die Linearität wird auch für den Sender die Sende-Empfangsumschaltung konventionell mit Relais durchgeführt. Bei digitalen Betriebsarten mit Frequenzumtastung (FSK Mark/Space) werden die Signale ebenfalls digital im FPGA auf der HF-Ausgangsfrequenz generiert.

Stellen Sie sich hervorragende Audio-Qualität vor...

FlexRadio Systems hat einen Ruf für außergewöhnlich gute Audioqualität. Das wird mit der FLEX-6000 *Signature Serie* bestätigt und weiter verbessert. Die direkte digitale Aufwärtskonvertierung bei der Erzeugung des Sendesignals und eine rein digitale Filterung eliminieren fast vollständig die Übertragung von Audio-Verzerrung. Der FLEX-6700 und FLEX-6500 enthalten einen speziellen Audio-DSP für eine parametrische Entzerrung bei geringer Latenz-Zeit, zusätzlich eine HF Audio-Kompression, automatische Pegelsteuerung, Rauschunterdrückung und natürlich ein vollständiges Monitoring des Sendesignals. Die Sende-Audiobandbreite ist kontinuierlich einstellbar bis zu 10 kHz für Amplitudenmodulation und für ESSB-Betrieb, dort wird ebenfalls mit höheren Bandbreiten gearbeitet.

Stellen Sie sich eine HF-Leistungsendstufe vor, die in ihrer Ausstattung über das Normale hinausgeht...

Die Transceiver der FLEX-6000 *Signature Serie* arbeiten mit HF-Endstufen, die zum Gesamtdesign passen. FLEX-6500 und FLEX-6700 enthalten jeweils ein Paar der robusten RD100HHF1 MOSFET Transistoren, die in Gegentakt geschaltet sind und mit 13,8V DC arbeiten. Beide Mo-

delle enthalten einen Automatik Antennenkoppler, der mit Koaxialkabel gespeiste Antennen bei einem Stehwellenverhältnis (SWR) von bis 10:1 (3:1 auf 160m und 6m) an die HF-Endstufe anpassen kann. Beide Modelle weisen eine umfangreiche, aus 11(!) Halb-Oktaven bestehende Tiefpassfilterbank auf, um eine lückenlose Abdeckung für den gesamten KW-Bereich (z.B. für MARS-Betrieb oder kommerzielle Anwendungen) sicher zu stellen. Zwei leise Lüfter mit 80mm Durchmesser sind temperaturgesteuert und erzeugen im Gehäuse einen Überdruck, um den Luftstrom über die PA-Kühlrippen und durch die Gehäuse-Rückwand zu leiten.

Das PA-Subsystem wird von einem der bereits erwähnten speziellen Prozessoren (PSoC) gesteuert. Hier werden die Aufgaben Temperaturmanagement, intelligente Ruhestromsteuerung, Leistungs- und SWR-Überwachung, Antennen-Impedanzmessung, Sende- Empfangsumschaltung, Antennenanpassung und Relais-Steuerung erledigt.

Leistungs- und Echtzeit SWR-Messungen werden durch einen Tandem-Richtkoppler ermöglicht und zwar in Verbindung mit einem Analog Devices ADL5519 Dual Log Power Detektor. Diese Schaltung stellt ein Präzisionsmessgerät dar mit einer SWR-Brücken-Richtscharfe von besser 30 dB im Bereich 80m bis 6m (21 dB auf 160m). Im Gegensatz zu den herkömmlichen Dioden-Detektoren bietet ein logarithmischer Detektor einen Leistungsbereich über 50 dB bei 1 dB Linearität. Im Bereich 40 dB mit mehr als $\pm 0,25$ dB Linearität. Der ADL5519 Detektor bietet darüber hinaus von sich aus die Berechnung der Rückflusdämpfung an, die eine Echtzeit SWR-Anzeige bei modulierten Signalen erlaubt, d.h. es ist kein konstanter Träger mehr notwendig, um eine auswertbare SWR-Anzeige zu erhalten.

Stellen Sie sich einen Transceiver mit GPS-Unterstützung vor...

Die FLEX-6000 *Signature Serie* ist die erste Amateurfunk Produktfamilie, die als Option einen GPS gesteuerten Oszillator bietet – einen sogenannten GPSDO (GPS Disciplined Oscillator). Das GPSDO Modul, das leicht nachzurüsten ist, bietet eine präzise 10 MHz Referenz für den 983,04 MHz Master Oszillator. Dieses 10 MHz Signal wird über die SMA Ausgangsbuchse auf der Geräterückseite für Peripheriegeräte zur Verfügung gestellt. Die Frequenzstabilität beträgt 1×10^{-8} innerhalb 5 Minuten bei 25° C und 5×10^{-12} über 24 Stunden, wenn mit GPS synchronisiert. Auf der Geräterückseite sind die SMA-Buchsen für den GPS Antennen-Eingang und der bereits erwähnte 10MHz Referenzausgang angebracht.

Vorläufige Technische Daten¹

	FLEX-6500 Transceiver	FLEX-6700 Transceiver	FLEX-6700R Receiver
GENERAL			
Central Processing Unit & DSP	TMS320DM8168CYG2	TMS320DM8168CYG4	TMS320DM8168CYG4
RISC Processor	1.2 GHz ARM Cortex™-A8/NEON™	1.4 GHz ARM Cortex™-A8/NEON™	1.4 GHz ARM Cortex™-A8/NEON™
DSP Coprocessor	1.0 GHz TMS320C647x 32-bit FP	1.2 GHz TMS320C647x 32-bit FP	1.2 GHz TMS320C647x 32-bit FP
RAM Memory	512 MB 1.333 GHz DDR3	512 MB 1.333 GHz DDR3	512 MB 1.333 GHz DDR3
Field Programmable Gate Array (FPGA)	Xilinx XC6VLX75T	Xilinx XC6VLX130T	Xilinx XC6VLX130T
DSP Multiply Accumulate Performance ²	191 GMAC	317 GMAC	317 GMAC
DSP Floating Point Operations	78 GFLOPS	121 GFLOPS	121 GFLOPS
Ethernet Communications	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps
USB 2.0 Ports (peripheral control)	2	2	2
Master Clock Frequency	983.04 MHz	983.04 MHz	983.04 MHz
Master Clock Phase Noise in dBc/Hz @ 245.76 MHz	-147 dBc @ 10 kHz, -152 dBc @ 100 kHz	-147 dBc @ 10 kHz, -152 dBc @ 100 kHz	-147 dBc @ 10 kHz, -152 dBc @ 100 kHz
10 MHz Reference Clock Stability (0 to +50° C; +32 to +122°F)	0.5ppm TCXO	0.02ppm OCXO	0.02ppm OCXO
GPSTCXO With Rear Panel 10MHz Reference Output	Optional	Optional	Optional
GPSTCXO Frequency Stability (GPS locked)	5x10 ⁻¹² over 24 hours	5x10 ⁻¹² over 24 hours	5x10 ⁻¹² over 24 hours
Modes	USB, LSB, CW, RTTY, AM, FM	USB, LSB, CW, RTTY, AM, FM	USB, LSB, CW, RTTY, AM, FM
Frequency Resolution	1 Hz min.	1 Hz min.	1 Hz min.
Number of Memory Channels	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Antenna Connectors	SO-239x2; BNCx1; XVTXx1	SO-239x2; BNCx2; XVTXx1	BNCx2
Antenna Impedance (without tuner)	50 Ohm Unbalanced	50 Ohm Unbalanced	50 Ohm Unbalanced
Power Supply Requirements	+13.8V DC ±15%	+13.8V DC ±15%	25–264 VAC; 47–63Hz; 20W
Current Drain (Receive/Max. Power)	1.5A / 23A	1.5A / 23A	
Dimensions (with/without feet - 2U Rack Height)	13"W x 12" D x 4" H (2U - 3 1/2 in. without feet); 33cm x 30.5cm x 10.2cm (8.9cm w/o feet)	13"W x 12" D x 4" H (2U - 3 1/2 in. without feet); 33cm x 30.5cm x 10.2cm (8.9cm w/o feet)	13"W x 12" D x 4" H (2U - 3 1/2 in. without feet); 33cm x 30.5cm x 10.2cm (8.9cm w/o feet)
2U, 19 Inch (48.26cm) Rack Mounting Kit	Optional	Optional	Optional
Front Handle Kit (Adds 1 Inch/2.54cm to total depth)	Optional	Optional	Optional
Weight (approximate)	13lb; 5.9kg	13lb; 5.9kg	13lb; 5.9kg
Operating Temperature Range	0 to +50° C; +32 to +122°F	0 to +50° C; +32 to +122°F	0 to +50° C; +32 to +122°F
RECEIVER			
Receiver Architecture	Direct Digital Sampling	Direct Digital Sampling	Direct Digital Sampling
Spectral Capture Units	1	2	2
Maximum Slice Receivers	4	8	8
ADC Resolution	16-bits	16-bits	16-bits
ADC Sampling Rate	245.76 Msps	245.76 Msps	245.76 Msps
Wideband Frequency Coverage	30 kHz – 77 MHz	30 kHz – 77 MHz; 135 – 165 MHz	30 kHz – 77 MHz; 135 – 165 MHz
MDS - Minimum Discernible Signal (500 Hz Bandwidth — Preselector Off)	TBD	TBD	TBD
Amateur Band Preselector Coverage	160m – 6m (except 60m)	160m – 6m (except 60m)	160m – 6m (except 60m)
Preamplifiers/Attenuators	Preamp: -11.5 to +20 dB DVGA	PRE1: -11.5 to +20 dB DVGA; PRE2: 20 dB	PRE1: -11.5 to +20 dB DVGA; PRE2: 20 dB
Spurious and Image Rejection Ratio	100 dB or better	100 dB or better	100 dB or better
Internal Speaker Audio Output Power	1W diagnostic speaker	1W diagnostic speaker	1W diagnostic speaker
External Powered Speaker Output Impedance/Level	10kΩ min./2.6Vpp max.	10kΩ min./2.6Vpp max.	10kΩ min./2.6Vpp max.
TRANSMITTER			
Transmitter Architecture	Direct Digital Upconversion	Direct Digital Upconversion	NA
TX DAC Resolution	16-bits	16-bits	NA
TX DAC Sampling Rate	491.52 Msps	491.52 Msps	NA
RF Output Power	1-100W SSB, CW, FM, RTTY, DIGITAL; 1-30W AM	1-100W SSB, CW, FM, RTTY, DIGITAL; 1-30W AM	NA
Amateur Band Coverage at Rated Power Output	160m – 6m	160m – 6m	NA
Low Pass PA Filter Bands	11 half-octave	11 half-octave	NA
Transverter IF Output Power	+0dBm Typical, +10 dBm max.	+0dBm Typical, +10 dBm max.	NA
Transverter IF Frequency Coverage	100 kHz to 77 MHz	100 kHz – 77 MHz; 135 – 165 MHz	NA
Modulation System	Digital Low Power at Carrier Frequency	Digital Low Power at Carrier Frequency	NA
Maximum FM Deviation	5 kHz	5 kHz	NA
Carrier Suppression	<-80 dBc typ.	<-80 dBc typ.	NA
Unwanted Sideband Suppression	<-80 dBc typ.	<-80 dBc typ.	NA
Harmonic Radiation 1.8 - 50 MHz Amateur Bands	<-60 dBc; -70dBc 6m	<-60 dBc; -70dBc 6m	NA
Transmit Bandwidth	Default 300-2700 Hz (Variable 50-10000 Hz)	Default 300-2700 Hz (Variable 50-10000 Hz)	NA
Microphone Connectors	Unbalanced 8-pin, Balanced XLR/TRS	Unbalanced 8-pin, Balanced XLR/TRS	NA
Microphone Impedance	600 Ohms Nominal (200-10kΩ)	600 Ohms Nominal (200-10kΩ)	NA
ANTENNA TUNER			
Matching Range 80m – 10m	5 Ohms – 500 Ohms	5 Ohms – 500 Ohms	NA
Matching Range 160m, 6m	16.7 Ohms – 150 Ohms	16.7 Ohms – 150 Ohms	NA

¹ Alle spezifizierten Daten sind vorläufig und können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

TBD: noch nicht spezifiziert

NA: nicht unterstützt/ nicht zutreffend

² bei 18x25 Multiplier

4616 W. Howard Lane, Ste. 1-150
Austin, TX 78728
512-535-4713 (ph), 512-233-5143 (fax)
sales@flexradio.com
www.flexradio.com



FlexRadio Systems Representative for EU
Godeke-Michels-Weg 12
D-21762 Otterndorf, Germany
Phone: (national) 04751 900501
Phone: (international) +49 4751 900501

Distributor of FlexRadio Products - funk-elektronik HF Communication, www.funkelektronik.at, Phone: +43 (0) 316 672 968

© Copyright 2012, FlexRadio Systems. All Rights Reserved. FLEX-6000 Signature Series, FLEX-6500, FLEX-6700, FLEX-6700R and SmartSDR are trademarks and FlexRadio Systems is a registered trademark of FlexRadio Systems. All other marks are property of their respective owners. Specifications are subject to change without notice or obligation and specifications are only guaranteed within the amateur radio bands. Rev 005, 6/05/2012.
© Copyright 2012, FlexRadio Systems. Alle Rechte vorbehalten. FLEX-6500, FLEX6700, FLEX-6700R sind Warenkennzeichen ausschließlich von FlexRadio Systems. Alle Angaben in dieser Broschüre sind vorläufig. Technische Daten beziehen sich auf die Amateurfunkbänder.