

Software-definierter Kommunikationsempfänger

Elad FDM77

Empfangs- und Computertechnik verschmelzen zunehmend: Auf der HAM Radio 2005 zeigten gleich vier Hersteller neue Kommunikationsempfänger für Computer-Steuerung, darunter die italienische Firma Elad. Der Software definierte FDM77 empfängt und demoduliert auf Lang-, Mittel-, Kurzwelle und im unteren VHF-Bereich Signale aller Art - dank serienmäßig integriertem DRM-Software-Decoder auch digitalen Hörfunk.



Empfänger der Zukunft schon heute: Der FDM77 wird komplett per Software bedient und gesteuert.



Wolf im Schafspelz: Die Hardware des FDM77 steckt im unscheinbaren Alugehäuse. Neun LEDs zeigen auf der Frontplatte des FDM77 Betriebszustände.



Das rückwärtige Anschlussfeld des FDM77. Dort liegt auch der An-/Ausschalter.

Aufbau und Ausstattung

Die italienische Hightech-Schmiede Elad (www.eladit.net) hat ihren Sitz im Wissenschafts- und Technologiepark von Pordenone und kooperiert eng mit wissenschaftlichen Institutionen der Region. Seit rund 13 Jahren entwickelt Elad für professionelle Anwender u.a. Sender und Empfänger für Datenfunk im Mikrowellenbereich, GSM-Messtechnik, Systeme zur Funkfernsteuerung, Messempfänger und Verfahren zur Ermittlung elektronmagnetischer Verträglichkeit etc. Der FDM77 ist also in einem professionellen Umfeld entstanden, wendet sich aber ausdrücklich auch an Funkamateure und engagierte Kurzwellenhörer.

Der Elad ist ein Software definiertes Radio (Software Defined Radio SDR) und besteht aus zwei Komponenten: Das Hardware-Frontend empfängt Signale im Frequenzbereich 10 kHz bis 65 MHz und bereitet diese bis zur 12-kHz-Zwischenfrequenz auf. Das Software-Radio des FDM77 ist anschließend für Filterung, Demodulation und NF-Wiedergabe per Computer bzw. über dessen Soundkarte zuständig. Alle Empfängerfunktionen werden per Bildschirm, Tastatur und Maus des Computersystems gesteuert, auf dem das Software-Radio installiert wurde.

Die Hardware des FDM77 steckt in einem kompakten Aluminiumgehäuse im Format

ca. 18,5×4,5×18 cm (Breite × Höhe × Tiefe; Gewicht: ca. 1 kg). Ein ca. 7 mm starker Gummimantel umschließt die Kanten der Front- und Rückseite und schützt so Empfänger und Stellfläche. Der Gummischutz ist mit dem Gehäuse verklebt, lässt sich aber bei Bedarf leicht entfernen. Neun LEDs auf der Frontseite informieren über Betriebszustände beim Empfang: Eine blaue LED ganz links leuchtet dauerhaft, sobald der Empfänger mit der Stromversorgung verbunden und angeschaltet wurde. Die gelb blinkende Monitor-LED ganz rechts bestätigt die laufende Datenverbindung mit dem Software-Radio auf dem Computer. Die zentrale LED-Kette schließlich dient als zusätzliche Signalstärkeanzeige und ergänzt das virtuelle S-Meter des Software-Radios.

Auf der Geräterückseite liegen je eine BNC- und SO-239-Antennenbuchse. Die BNC-Buchse empfiehlt Elad zum Anschluss einer Innenantenne mit geringem Signalpegel, wie etwa ein Teleskopstab, eine Magnet- oder Aktivantenne, ein kurzer Draht vor dem Fenster oder auf dem Balkon. Leistungsfähigere Außenantennen sollten über die SO-239-Buchse mit dem Empfänger verbunden werden. Über eine 3,5-mm-Stereoklinkenbuchse liegt das 12-kHz-ZF-Signal vom FDM77 an, das zur weiteren Bearbeitung per Audiokabel über den Line- oder Mikrofoneingang der PC-Soundkarte zum Software-Radio

gelangt. Der Ausgangspegel lässt sich über einen Schalter links neben der ZF-Buchse zweistufig wählen. Am rechten Rand der Geräterückseite haben eine USB-Buchse für die Datenkommunikation zwischen FDM77 und Software-Radio sowie eine Buchse zum Anschluss der externen 12-V-Stromversorgung ihren Platz. Auch der An-/Ausschalter liegt hier.

Zum Lieferumfang gehören neben der Empfangsbox eine CD-ROM mit Software, Treibern und PDF-Anleitungen, ein 12-V-Steckernetzteil (1 A) sowie Audio- und USB-Schnittstellenkabel. Als Zubehör hat Elad eine Teleskopantenne mit BNC-Stecker und ein externes Akkupack im Programm.

Installation

Noch bevor man den Empfänger per USB- und Audiokabel mit dem Computer verbindet, erfolgt die Installation von Software und Treibern. Elad entwickelt sein Software-Radio ständig weiter und Käufer erhalten Passwort-Zugang zur einer Seite im Internet, auf der nach Freigabe die jeweils aktuelle Version zum kostenlosen Download bereit steht. Achtung: Vor Installation neuer FDM77-Software muss eine eventuell bereits vorhandene ältere Version per Deinstallation (Systemsteuerung/Software) vom Computer entfernt werden.



Zweite Komponente des FDM77 ist ein Software-Radio, das Elad auf CD mitliefert. Aktualisierte Versionen bekommen Besitzer des Empfängers kostenlos per Internet-Download.

Als Steuerzentrale für den FDM77 kommen nur neuere Computer infrage: Verlangt wird ein Rechner mit Betriebssystem Windows 2000 oder XP, Pentium-Prozessor ab Taktrate 700 MHz (empfohlen: Pentium 4 ab 1,2 GHz Taktrate) und USB-2.0-Schnittstelle. Letzteres lässt sich bei PCs und Notebooks notfalls per PCI- bzw. PCMCIA-Karte nachrüsten (siehe z. B. www.reichelt.de). Die Software braucht rund 50 MB Platz auf der Festspeicherplatte, und der vorhandene RAM-Arbeitsspeicher soll nicht unter 128 MB liegen. Ein größerer Arbeitsspeicher stellt sicher, dass gleichzeitig mehrere Programme auf dem Computer „rund“ laufen und es nicht zu Verzögerungen bei der Ausführung von Befehlen kommt. Die Soundkarte des Computersystems ist ebenfalls bestimmender Faktor für den problemlosen Empfangsbetrieb mit dem FDM77: Die 16-bit-Karte (SoundBlaster oder kompatibel) muss Voll duplex und eine Samplingrate von 48 kHz für Ein- und Ausgang unterstützen. Eine eventuelle AGC-Regelung am Line- oder Mikrofoneingang der Soundkarte muss sich deaktivieren lassen. Ein für Tests wie diesen angeschaffte 400-€-Billig-PC mit Soundkarte auf dem Mainboard erfüllte alle Anforderungen. Ein 17-Zoll-TFT-Display bietet ausreichend Platz, um mehrere Fenster des Software-Radios ständig komplett im Blick zu haben.

Wenn die Systemvoraussetzungen stimmen, startet die Installation der Software mit einem Mausklick auf die Setup-Datei: Lizenzvereinbarung akzeptieren, Namenskürzel oder Rufzeichen eingeben, fertig. Der Vorgang dauert keine Minute. Der nächster Schritt ist die Installation der USB-Treiber. Hierfür wird der FDM77 mit Netzteil, Antenne, Soundkarte und USB-Schnittstelle verbunden und angeschaltet. Der Computer findet die neue Hardware an seiner Schnittstelle und fragt nach dem Treiber. Dieser ist nicht separat auf der Installations-CD

gespeichert, sondern wurde zusammen mit der Software bereits auf die Festplatte kopiert und liegt im Ordner \WINDOWS\system32\Drivers. Nach Eingabe des Pfads (inkl. Laufwerksbuchstabe; meistens wohl „C:“) kam vom Test-PC die Meldung „Windows-Logo-Test nicht bestanden“, die man ignorieren und die Installation fortsetzen kann. Am Schluss steht die Installation des Elad Virtual Drivers von der Elad-CD. Über diese „virtuelle Soundkarte“ ist das Empfangssignal auch für externe Decoder-Software verfügbar, ohne dafür erneut über die Hardware-Soundkarte gehen zu müssen. Klingt etwas kompliziert, doch beim Test lief alles rund und nach etwa zehn Minuten war der FDM77 empfangsbereit.

Bedienung

Sind USB- und Audiokabel zwischen FDM77 und Software-Radio verlegt und der Empfänger angeschaltet, läuft die gesamte Bedienung per Bildschirm, Maus und Tastatur. Nach einem Mausklick aufs FDM77-Icon startet die Steuer-Software und auf dem Bildschirm erscheint die virtuelle Frontplatte eines modernen Kommunikationsempfängers. Im oberen Drittel informieren eine große Ziffernanzeige und rechts daneben ein gut ablesbares Zeigerinstrument über Empfangsfrequenz bzw. Feldstärke (S-Wert und dBµV). Auch weitere Empfängereinstellungen sind hier übersichtlich dargestellt, etwa die gewählte Modulationsart.

Frequenzen zeigt das Software-Radio auf 1 Hz genau und lassen sich auf mehreren Wegen einstellen: Bekannte Frequenzen werden einfach per Computer-Tastatur direkt eingegeben und per Return-Taste aufgerufen. Mit einem Mausklick auf die Einheit lässt sich bestimmen, ob die Frequenz in MHz, kHz oder Hz und entsprechend mit oder ohne Komma eingegeben wird (z. B. „6,075“ MHz oder „6075“ kHz). Sollte auf dem Stationstisch kein Platz für die Tastatur sein, klappt die direkte Frequenzeingabe auch allein per Maus: Ein Klick auf die Schaltfläche Key ruft eine virtuelle Zehntastatur auf, auf der nun per Maus die gewünschten Ziffern gewählt und Frequenzen aufgerufen werden. Das Einstellrad der Computermaus dient zudem als Ersatz für den VFO-Abstimmknopf konventioneller Empfänger mit Frontplattenbedienung. Ein Mausklick auf die entsprechende Stelle der Frequenzanzeige hebt diese farblich hervor und bestimmt den Abstimmschritt, also 10 kHz, 1 kHz, 100 Hz etc. So entsteht ein beinahe analoges Abstimmgefühl,

an das man sich schnell gewöhnt. Praktisch: Für Hörfunksender auf Kurz- und Mittelwelle bietet das Software-Radio zusätzlich Abstimmsschritte von 5 und 9 kHz, mit denen sich die Bänder im dort verwendeten Raster noch schneller nach Sendern absuchen lassen. Im Tuning-Feld unterhalb der Frequenzanzeigen bewirken Mausklicks auf die Schaltflächen Up und Down ebenfalls die gewünschten Frequenzschritte. Oder man verwendet die Pfeiltasten der PC-Tastatur zur manuellen Frequenzabstimmung: Die Tasten links/rechts bestimmen den Abstimmschritt wie 1 oder 10 kHz, und die Tasten hoch/runter stimmen die Frequenz im gewünschten Raster ab. Bei langen Empfangsnächten ist die Methode per Pfeiltasten am bequemsten; selbst eingefleischte VFO-Kurbler können sich daran gewöhnen.

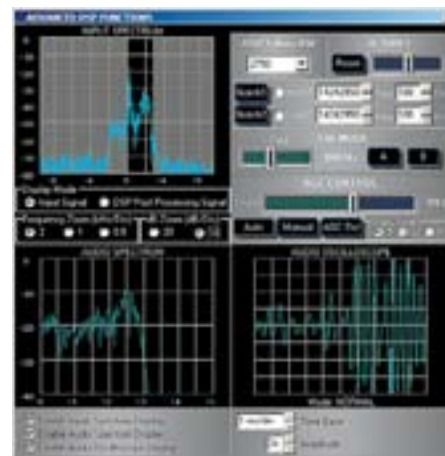
Unter virtuellem Frequenzdisplay und S-Meter liegen vier Themenfelder mit Schaltflächen für weitere Empfängereinstellungen: Im Mode-Feld wird per Mausklick die Modulationsart gewählt, also CW, LSB, USB, AM, FM und DRM. Über das Schaltfeld ADV (Themenfeld Tuning) gelangt man u. a. zur Bandbreitenregelung mit folgenden 19 Werten für alle Betriebsarten: 10 / 9 / 8 / 7 / 6 / 5 / 4 / 3 / 2,75 / 2,5 / 2,25 / 2 / 1,75 / 1,5 / 1,25 / 1 kHz sowie 750 / 500 / 250 Hz. Im Feld AF Control lässt sich mit sechs virtuellen Schiebereglern der Klang des Empfangssignals erheblich beeinflussen und dem Geschmack des Nutzers anpassen. Bei schwierigen Empfangssituationen wird so eine mitunter beträchtliche



Das Cockpit des FDM77. Von hier werden alle Funktionen per Mausklick und/oder Tastatur gesteuert. Über Schaltflächen sind Untermenüs mit weiteren Funktionen zugänglich.



Frequenzen lassen u.a. über diese virtuelle Zehntastatur eingeben und aufrufen.



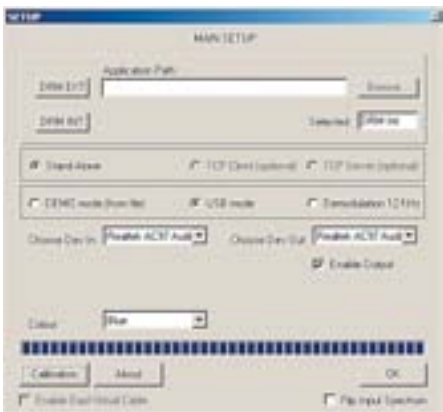
Die Schaltzentrale fürs Detail: Hier lassen sich u.a. DSP-Bandbreiten wählen, Passband Tuning und zwei digitale Notchfilter einstellen, AGC-Regelzeiten anpassen. Das aktuell empfangene Spektrum wird ebenfalls dargestellt, einschließlich Filterbandbreite.



Das Spektrumdisplay zeigt die Situation rund um die Mittelfrequenz. 1 kHz unterhalb der Mittelfrequenz ist hier ein kräftiger Störträger zu sehen, der auf der Nutzfrequenz für Interferenzpfeifen sorgt.



Per Mausclick lässt sich eines der beiden DSP-Notchfilter auf die Frequenz ziehen, um den Interferenzton aus dem Nutzsignal zu entfernen.



Im Setup lässt sich ein externer DRM-Decoder einbinden. Künftig wird der FDM77 auch per Internet steuerbar sein.



Ein Suchlauf analysiert die Bandbelegung und bringt das Ergebnis als Grafik auf den Bildschirm. Anschließend lassen sich per Mausclick einzelne Frequenzen anwählen.

Verbesserung der Lesbarkeit erzielt. Ganz links auf der virtuellen Frontplatte des FDM77 (Input) lassen sich die beiden Antenneneingänge schalten sowie Abschwächer (ca. -20 dB) und Vorverstärker aktivieren. Die schnelle Antennenwahl per Mausclick ermöglicht komfortable Antennenvergleiche, obwohl die Trennung beider Antenneneingänge besser sein könnte.

Bells & Whistles

Bereits mit seinen 19 DSP-Bandbreiten hält der FDM77 für Interferenzen von Nachbarkanälen fast immer die passende Antwort bereit. Die vom Eingangsbildschirm erreichbare Schaltfläche ADV hält aber noch weitere Mittel zur Beeinflussung von DX-Signalen bereit, die im englischen Sprachraum scherzhaft unter „Bells & Whistles“ laufen:

Die Schaltfläche ADV steht beim FDM77 für Advanced DSP Functions und wird immer interessant, sobald ein gestörtes Empfangssignal optimiert werden soll. So lassen sich hier die genannten DSP-Filterbandbreiten auswählen. Ein 455-kHz-ZF-Shift (Passband Tuning) verschiebt Nutz- und Störsignal zueinander und verbessert die Lesbarkeit der zuvor gestörten Stationen. Zwei digitale Notchfilter lassen sich manuell auf den Störer schieben und in ihrer Notchbreite variieren. Hierbei hilft eine Spektrumsanzeige, die auch die aktuelle Filterbandbreite darstellt. Weitere Displays zeigen das empfangene Audiospektrum. Zudem lässt sich die AGC-Regelkonstante zwischen automatisch, schnell/mittel/langsam und Handregelung schalten. Für CW-Empfang ist die Tonhöhe des Morsesignals von der Grundeinstellung 800 Hz frei veränderbar.

Frequenzspeicher

Bei einem Software-Radio wie dem FDM77 braucht man sich um die Zahl der verfügbaren Frequenzspeicher nicht zu sorgen: sie ist quasi unbegrenzt. Die Speicherdateien fassen hier jeweils 200 Einträge und merken sich in einer Tabelle neben Frequenz und Betriebsart weitere Angaben zur Station.

Die Filterbandbreite wird derzeit noch nicht gespeichert, was Elad in einer künftigen Software-Version korrigieren sollte. Eine Liste von DRM-Frequenzen ist ab Werk vorprogrammiert und sorgt für Einstellkomfort. Ein Mausclick auf den betreffenden Eintrag, und schon springt der Empfänger auf die Frequenz und startet den DRM-Decoder.

Während der Abruf von Frequenzen aus der vorprogrammierten Liste beim Test einwandfrei klappte, gab es Probleme bei der Erstellung eigener Speicherlisten: Der FDM77 konnte sich Frequenzen nicht korrekt merken. Mehrere Versuche brachten auf dem Testrechner keine Lösung, und Elad sollte sich diesen Punkt seiner Software gegebenenfalls nochmals ansehen.

Empfangspraxis

Die Ausstattung des FDM77 empfiehlt das Gerät als vielseitigen Kommunikationsempfänger. Ob sich die Papierform in der rauen Realität an der Antenne bestätigt, sollte ein Vergleichstest mit dem AR7030 von AOR ergeben. Der AR7030 ist weiterhin ein Spitzengerät unter den konventionellen Kommunikationsempfängern und erfüllt auch professionelle Ansprüche. Um möglichst genau vergleichen zu können, erhielten beide Empfänger per Antennen-Splitter ein identisches Antennensignal. Die Kopfhörer-Ausgänge von FDM77 und AR7030 wurden über einen NF-Verteiler zusammengeführt, so dass ohne Zeitverzug umgeschaltet und Empfangssignale unmittelbar verglichen werden konnten.

Der erste Empfangsvergleich führte ins 25-m-Hörfunkband, wo Radio Tanzania seinen Regionalsender auf der Insel Sansibar reaktiviert hat. Auf 11.735 kHz kam gegen 18.30 UTC mit kräftigem Signal eine lebhaftes Livesendung in Landessprache bis nach Europa durch. AM-Empfang wurde durch Störungen vom Nachbarkanal gestört. ECSS-Technik – in SSB wird nur das ungestörte AM-Seitenband empfangen – klärte das Interferenz-Problem: In LSB und mit Passband Tuning lieferten beide Empfänger ein perfektes Empfangssignal an den Kopfhörer. Dessen Verständlichkeit war bei beiden Empfängern identisch, wobei der AR7030 subjektiv noch einen Hauch besser klang. Beim direkten Empfängervergleich fiel auf, dass die virtuelle Frequenzanzeige des getesteten FDM77 etwa 50 Hz unter der Nominalfrequenz lag.

Bei mittelmäßigen Ausbreitungsbedingungen waren im 10-m-Amateurfunkband auf 28.490 kHz USB gegen 18.50 UTC an der Grasnarbe SSB-Signale von Stationen aus Großbritannien und Finnland zu hören. Lesbarkeit und Hörlautstärke waren bei beiden Empfängern identisch, und beide Empfänger profitierten auf diesen hohen Frequenzen von ihrem rauscharmen Vorverstärker. Dennoch ging der FDM77 hier als Punktsieger durchs Ziel: Die schwachen Empfangssignale im ruhigen 10-m-Band waren deutlich weniger mit Rauschen durchsetzt.

Gegen 19.15 UTC war auf 14.313 kHz USB das deutsche Maritime Mobile Net von Intermar zu hören. Stationen in Deutschland, Spanien, Kanaren, Brasilien etc. tauschen dort täglich Informationen und Wetterdaten aus oder geben diese an Segler auf See weiter. Die durchweg schwachen Signale empfangen beide Gerät mit identischer Hörstärke und Lesbarkeit bei einem hauchdünnen Vorteil für den AR7030 mit seinem nachgerüsteten 2,4-kHz-Quarzfilter.

Dann ein Sprung ans untere Ende der Frequenzskala: Auf 60 kHz überträgt der Sender Rugby sein Zeitzeichensignal. Gegen 19.20 UTC war der Empfang mit dem AR7030 deutlich besser, während Rugby beim FDM77 fast im Rauschen unterging. Auch DCF77 aus Main-

flingen kam auf 77,5 kHz merkbar stärker mit dem AOR, auch wenn der Elad hier schon nicht mehr ganz so deutlich zurück lag. Beim Empfang des Deutschen Wetterdienstes auf 147,3 kHz schrumpfte der Unterschied zwischen beiden Empfängern weiter, und der FDM77 zog mit Hilfe seines Vorverstärkers gleich. Die gute Nachricht: Als Empfänger für den SYNOP-Wetterfunk ist der FDM77 geeignet. Dennoch sollte Elad die Empfindlichkeit am unteren Ende des Empfangsbereichs noch steigern. Auf Langwelle und im Bakenband bis zur Mittelwelle ziehen beide Empfänger gleich.

Die Empfangsempfindlichkeit auf Mittelwelle lässt sich am besten tagsüber prüfen, wenn Senderangebot und Feldstärken gering sind. Hier zeigten sich leichte Vorteile für den AR7030. Bei schwach einfallenden Signalen kamen diese aus dem AOR eine Spur rauschfreier. Der Unterschied war allerdings zu keinem Zeitpunkt dramatisch, und bei abendlichen Empfangstests mit einem dann um ein vielfach erhöhtes Senderangebot gingen beide Empfänger punktgleich ins Ziel. Hier und da brachte der Synchrondetektor dem AR7030 zwar leichte Vorteile, doch der regelbare Klang des FDM77 brachte diesen sehr nahe an die Klangqualität des

AOR heran. Für Mittelwellen-DX-Empfang ist der Elad daher gut einsetzbar. Praktisch: Dank des wählbaren 9-kHz-Abstimmrasters lassen sich die Stationen beim manuellen Suchempfang schnell und bequem einstellen. Auf Mittelwelle 1.170 kHz konnte zudem das Notchfilter des FDM77 seine Leistungsfähigkeit beweisen: Der Empfang des Inlandsdienstes von Radio Minsk wurde durch einen starken 1-kHz-Interferenzton beeinträchtigt, der auf dem Spektrumdisplay des FDM77-Software-Radios deutlich erkennbar war. Per Mausklick wurde nun eines der beiden digitalen Notchfilter auf den Träger gesetzt und dessen Notchbreite erhöht, bis von dem kräftigen Störträger fast nichts mehr hörbar war und Radio Minsk nun ungestört aus dem Kopfhörer kam.

Auch beim Empfang so genannter Tropenband-Sender erwies sich der FDM77 als leistungsfähig: Morgens gegen 05.00 UTC war auf 5.025 kHz der kubanische Inlandssender Radio Rebelde mit mittlerer Feldstärke und starkem Fading zu hören. Signalqualität und Lesbarkeit waren mit beiden Empfängern identisch, und das Musikprogramm kam gut hörbar aus dem Kopfhörer. Leichte Vorteile konnte der FDM77 durch einen etwas geringeren Rauschanteil im Signal



Ein Mausklick auf die Schaltfläche DRM aktiviert den integrierten DRM-Decoder des FDM77. Er basiert auf dem Fraunhofer-Software-Radio und zeigt im unteren Bereich die Signalqualität über die Zeit an.



Der integrierte Fraunhofer DRM MultimediaPlayer wertet Zusatzdienste aus, die Sender wie die Deutsche Welle neben dem Hörfunkprogramm ausstrahlen.

Anzeigen



Das Bild zum Ton: DRM-Multimedia ermöglicht neue Informationsformen für den Hörfunk auf Kurzwelle, darunter ein Bild des Moderators.



Zu den neuen Zusatzdiensten des Auslandsrundfunks gehören Textnachrichten, die man per Mausclick anwählt und aus dem Speicher des Empfängers abrufen.

auf sein Habenkonto buchen. Beim Empfang der Grasnarben-Signale auf 5.030 kHz (University Network, Costa Rica) und 5.070 kHz (WWCR, USA) war kurz vor Fade-out der AR7030 subjektiv einen Hauch besser. Der AOR bietet einen etwas angenehmeren, weil volleren AM-Klang. Im direkten Vergleich hat der FDM77 ein aggressiveres Klangbild, was bei schwierigem DX einen Hauch Vorsprung einbringen kann. Die BBC-Relaisstation Singapur kam gegen 21.30 UTC auf 3.915 kHz mit dem englischen World Service in beiden Empfängern gleich gut an. Beim FDM77 kam der Wunsch nach einer 4,5-kHz-Filterbandbreite auf, die in diesem Fall in AM ein wohl perfektes Ergebnis gebracht hätte. Das ist natürlich subjektives Hörempfinden, denn prinzipiell reichen die in 1-kHz-Schritten wählbaren DSP-Filterbandbreiten des FDM77 vollauf. Erst bei den Feinheiten zeigt sich: Zu viele Wahlmöglichkeiten bei der Bandbreite gibt es nicht.

Dass die DSP-Filterauswahl des FDM77 gegenüber konventionellen Empfängern schon jetzt einen Quantensprung an Empfangskomfort bedeutet, zeigte das Beispiel Radio HCJB aus dem fernen Ecuador: Gegen 05.15 UTC kam auf

9.780 kHz das deutschsprachige Programm mit Andenmusik und aktuellen Berichten vom Äquator mit kräftigem Empfangssignal und leichtem Fading. Um 05.30 UTC startete eine Sendung in Mennoniten-Platt. Der FDM77 lieferte bei 7 kHz DSP-Bandbreite ein Klangbild, als stünde der Sender nicht auf der anderen Seite des Atlantiks, sondern gleich „um die Ecke“ in Jülich oder Wertachtal. Die zusätzliche Klangqualität gleicht häufig den fehlenden Synchrondetektor aus, den der AR7030 in die Waagschale wirft. Auch den Seewetterbericht der Deutschen Welle um 05.55 UTC auf 6.075 kHz brachte der FDM77 bei DSP-Filterbandbreite 9 kHz mit erstaunlicher Qualität. Wenn AM immer so gut klingen würde, bräuchten wir kein DRM! Der AR7030 konnte nicht mithalten, weil alle im Vergleichsgerät eingebauten Filter schmalere Bandbreiten haben. Das ist der Punkt: Beim konventionellen Empfänger muss man sich für eine bestimmte Filterbestückung entscheiden – und dafür extra bezahlen –, während Software-Radios ab Werk ohne Zusatzkosten eine weitaus größere Auswahl bieten. Die erstaunliche Flankensteilheit der DSP-Filter geht selbst bei schmalen Filtern kaum zu Lasten der Verständlichkeit.

Beim Empfang der Voice of Nigeria auf 15.120 kHz traten beim FDM77 zunächst Verzerrungen auf. Das kräftige Empfangssignal war recht Bass lastig. Es stellte sich heraus, dass die AGC-Automatik des FDM77 für die Verzerrungen verantwortlich war und diese nach Wechsel auf die manuelle AGC verschwanden. Jetzt zog der FDM77 deutlich am AR7030 vorbei, denn der Elad kam mit dem zu dumpfen Audiosignals aus Nigeria merkbar besser zurecht. Berichte und Musik aus dem Land mit der größten Bevölkerung Afrikas waren nun gut zu verfolgen. Beim anschließenden Empfang von Radio Australia auf 15.515 kHz mit schwachem AM-Signal und Berichten aus dem Pazifik machte die automatische AGC des FDM77 ihre Arbeit wieder gut: Wegen geringerer Verzerrungen des schwachen Signals war die Verständlichkeit sogar merkbar besser als beim AR7030, dessen Synch nicht einrasten wollte und daher nicht zum Zuge kam. Klarer Fall also: Der FDM77 ist ein potenter DX-Empfänger.

Dies gilt für AM, SSB und CW gleichermaßen, wie auch Vergleiche mit Kenwoods TS-480 belegten. Bei SSB punktete der FDM77 regelmäßig durch einen noch geringeren Rauschanteil im Nutzsignal. Beim Empfang von DX-Stationen im Contest-Getümmel war die auf Handregelung schaltbare AGC regelmäßig eine große Hilfe, das schwache Signal neben dem starken Europäer doch noch lesbar zu hören und ins Log zu bekommen.

Im Test zeigte sich der FDM77 durchweg als großsignalfest und Übersteuerungen traten nicht auf. Mit einer Ausnahme: Die aktive Breitband-Rahmenantenne ALA1530 produzierte im FDM77 heftige Mischprodukte auf Mittelwelle, wenn diese über die BNC-Buchse angeschlossen



Das elektronische Programmheft: Mit DRM kommen aktuelle Programminfos per Kurzwelle in den Empfänger.

wurde. Bei Anschluss über SO-239-Buchse war das Problem nicht vorhanden. Man sollte also dem Rat des Herstellers folgen und die BNC-Buchse des FDM77 wirklich nur zum Anschluss von Innenantennen bzw. Aktivantennen mit moderater Verstärkung verwenden. Für leistungsfähigere Wellenfänger ist die SO-239-Buchse erste Wahl.

DRM-Empfang

Der beim FDM77 ab Werk integrierte DRM-Decoder ist ein zusätzlicher Anreiz, sich für diesen Empfänger zu interessieren. Der Decoder ist fest ins Gesamtkonzept integriert und verlangt keinen zusätzlichen Installations- oder Bedienungsaufwand: Nach Einstellen der Frequenz wird einfach per Mausclick die DRM-Schaltfläche aktiviert. So soll es sein: DRM ist eine gleichberechtigte Modulationsart und steht gleich neben AM, SSB, CW und FM. Über das verwendete Modulationsverfahren muss man sich als Programmhörer keine Gedanken machen.

Im Test erwies sich der FDM77 als unkomplizierter DRM-Empfänger. Bei ausreichender Empfangsfeldstärke begann die Wiedergabe der rauschfreien Kurzwelle schon nach wenigen Sekunden. Bei der Deutschen Welle konnte man sich zudem die multimedialen Möglichkeiten von DRM ansehen: Neben dem deutschen Programm überträgt der deutsche Auslandssender auf einigen seiner DRM-Frequenzen zeitgleich Bilder von Moderatoren, aktuelle Textnachrichten, Programmpläne und Frequenzen. Der Multimedia-Player des FDM77 brachte alles übersichtlich auf den Bildschirm. Es wird wohl noch etwas dauern, bis konventionelle Weltempfänger der neuen Generation auf ihrem Display diese Informationen darstellen. Software-Radios wie der FDM77 bieten die komplette neue Vielfalt schon jetzt.

DRM ist so gut ins Gesamtkonzept des FDM77 integriert, dass sich bei Bedarf auch Bandbreitenwahl und Notchfilter uneinge-

beschränkt zur Optimierung gestörter DRM-Signale einsetzen lassen. Erneut macht Elad keinen Unterschied zu den konventionellen Modulationsarten. In der bisherigen Praxis des DRM-Empfangs hat sich mehrfach herausgestellt, dass sich auch der Empfang eines schwach einfallenden oder gestörten DRM-Signals durch eine moderate Einengung der Filterbandbreite verbessern lässt. Und die beiden Notchfilter des FDM77 entfernen störende AM-Träger von den Signalfanken oder aus der Mittenfrequenz. Auch bei gestörten DRM-DX-Signalen kommt es mitunter auf das Geschick des Radiohörers an, die vom Empfänger gebotenen Mittel effektiv einzusetzen.

Interessantes Detail: Auf Wunsch lässt sich alternativ eine externe DRM-Decoder-Software einbinden. Dies teilt man dem FDM77 im Setup mit und trägt dort den Pfad ein.

Fazit

Dem FDM77 gelingt aus dem Stand der Sprung in die Spitzengruppe der Kommunikationsempfänger. Hohe Empfindlichkeit und Trennschärfe, hervorragende Verständlichkeit und einfache Bedienung zeigen, dass Elad die Verschmelzung von Empfänger-Hardware und Computer-Software zu einer leistungsfähigen Einheit gelungen ist.

Wer sich als Besitzer eines geeigneten Computers mit den Eigenheiten der Bedienung eines solchen Software-Radios anfreunden kann, erhält einen Empfänger mit unschlagbarem Preis-Leistungs-Verhältnis. Die Software des FDM77 bedarf in Details kleinerer Korrekturen. Dank Internet und professioneller Installation ist dies heute kein Problem mehr.

Dem bisherigen SDR-Platzhirsch WinRadio WR-G303 ist mit dem FDM77 eine ernsthafte Konkurrenz erwachsen. FUNK wartet nun mit Spannung auf den WR-G313e, den wir mit AR7030 und FDM77 vergleichen werden.

Der FDM77 kostet bei WiMo 640 €.

Harald Kuhl, DL1ABJ

Messprotokoll: Elad FDM77

Seriennummer: 05190051
Softwareversion: 1.14

Sämtliche Messungen erfolgten bei 2,5 kHz DSP-Bandbreite.

Shape-Faktor: 1,3 (6/60 dB, 2,78/3,71 kHz)
Er kennzeichnet die Nahselektivität.

Rauschmaß

Es kennzeichnet die Empfindlichkeit und sollte deutlich unter dem Außenrauschen liegen.

Rauschmaß		
Band	VV	FdB
80 m	-	28 dB
40 m	-	29 dB
20 m	-	27 dB
15 m	-	26 dB
10 m	-	27 dB
10 m	ein	16 dB
6 m	-	26 dB
6 m	ein	16 dB

Mittlerer Intercept-Punkt zweiter Ordnung: 54 dBm

Er beschreibt praktisch die Immunität gegenüber Rundfunksendern und sollte möglichst hoch liegen.

Einzelwerte		
Empfangsfrequenz	Erregersignale bei	IP2
7 MHz	0,5 + 6,5 MHz	44 dBm
7 MHz	2 + 9 MHz	28 dBm
14 MHz	5 + 9 MHz	69 dBm
14 MHz	1 + 15 MHz	57 dBm
21 MHz	7 + 14 MHz	61 dBm
21 MHz	9,5 + 11,5 MHz	66 dBm

Intercept-Punkt dritter Ordnung

Der Intercept-Punkt dritter Ordnung IP3 – insbesondere vermindert um das Rauschmaß, d. h. als effektiver IP3 (IP3_{eff}) – gilt als wichtiges Kennzeichen des Großsignalverhaltens. Diese Parameter sollten möglichst hoch liegen.

Auf Grund der Art der Signalverarbeitung im Testgerät und der dargelegten Einschränkungen können die tatsächlichen Empfangsleistungen mal besser ausfallen als es die ermittelten Intercept-Punkte erwarten lassen.

IP3-Einzelwerte			
Band	f ₂ -f ₁ = 5 kHz	f ₂ -f ₁ = 20 kHz	f ₂ -f ₁ = 200 kHz
80 m	* -20 dBm**	-20 dBm**	-6 dBm**
40 m	-21 dBm**	-23 dBm**	-10 dBm**
20 m	-50 dBm**	-18 dBm**	-5 dBm**
10 m	-54 dBm**	-13 dBm**	-3 dBm
6 m	-57 dBm**	-4 dBm	5 dBm

*) entfällt, da undefiniertes Verhalten durch typisches Blocking

**) Messungen durch Seitenband-Rauschen der Frequenzaufbereitung im Testgerät begrenzt. Der IP3 würde daher grundsätzlich höher liegen, es tritt jedoch vor Erscheinen eines Intermodulationsprodukts dritter Ordnung Desensibilisierung durch reziprokes Mischen ein.

IP3 _{eff} -Einzelwerte			
Band	f ₂ -f ₁ = 5 kHz	f ₂ -f ₁ = 20 kHz	f ₂ -f ₁ = 200 kHz
80 m	* -49 dBm**	-49 dBm**	-34 dBm**
40 m	-50 dBm**	-52 dBm**	-39 dBm**
20 m	-76 dBm**	-45 dBm**	-31 dBm**
10 m	-80 dBm**	-40 dBm**	-29 dBm
6 m	-83 dBm**	-30 dBm	-21 dBm

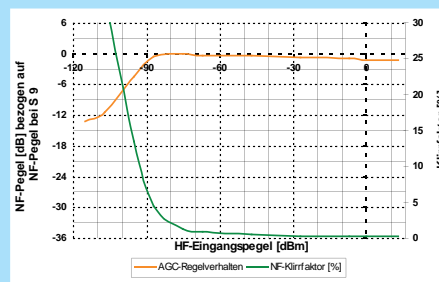
*) und **) s. oben

Dynamikbereich dritter Ordnung: 58 dB (40 m, SSB, f₂-f₁ = 20 kHz)

Dieser Bereich ist die Spanne zwischen einem intermodulierenden Störton und einem Intermodulationsprodukt dritter Ordnung mit 0 dB Rauschabstand.

Nomineller AGC-Regelbereich: 99 dB

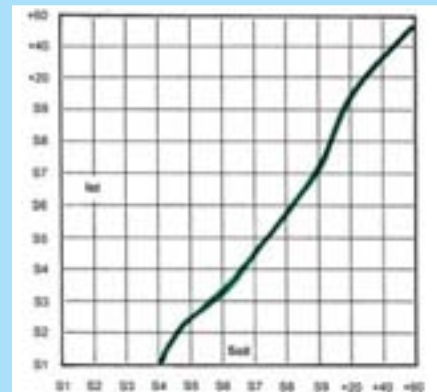
Infolge der im KW-Funk sehr hohen Pegelschwankungen ist eine automatische Regelung (AGC) mit hohem Dynamikbereich wünschenswert.



AGC-Regelverhalten und Demodulationsklirrfaktor: Das Testgerät überzeugt durch einen besonders geringen Demodulationsklirrfaktor.

S-Meter-Anzeigegenauigkeit

Die Konstruktion eines S-Meters mit wünschenswert hoher Genauigkeit ist aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus kaum möglich. Daher sind mehr oder minder große Anzeigefehler zu erwarten.



Der S-Meter-Anzeigeverlauf.

Oszillatorrauschen: -100 dBc/Hz (40 m, 10 kHz Abstand)
In Abständen bis über 100 kHz fällt das Seitenband-Rauschen kaum weiter ab.

Infolge der neben schwächeren Signalen häufig auftretenden stärkeren Eingangspegel kommt es im KW-Amateurfunk oft durch Oszillatorrauschen zu reziprokem Mischen und somit zur Desensibilisierung. Es sollte möglichst gering sein.

Blocking-Abstand: 44 dB (40 m, 20 kHz Abstand, bezogen auf ein -79 dBm/SSB-Nutzsignal)

Infolge der neben schwächeren Signalen auftretenden stärkeren Eingangspegel kommt es im KW-Funk durch Blocking oft zur Desensibilisierung. Der Blocking-Abstand sollte möglichst hoch sein.

Eigenempfangsstellen

Die Ermittlung musste entfallen, da das RX-Konzept in derzeitiger Form zum manuellen Suchempfang nur eingeschränkt verwendbar ist. Bei der kontinuierlichen Frequenzverstimmung mit den Up/Down-Tasten ergaben sich am verwendeten 1,8-GHz-Pentium-4-PC mit 256 MB RAM und Windows2000 mehrmals „Stack Overflows“ und Abstürze der Steuerungssoftware.

Ausfertigung:
Ralf Rudersdorfer, OE3RAA
Labor: J. K. Universität Linz,
Institut für Nachrichten-/
Informationstechnik

