

BIBLIOTEKA  
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

40

KRZYSZTOF DĄBROWSKI  
OE1KDA

RADIOSTACJE I ODBIORNIKI  
Z CYFROWĄ OBRÓBKĄ SYGNAŁÓW  
TOM 4

WIEDEŃ 2018



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA  
Wiedeń 2018

Opracowanie niniejsze może być rozpowszechniane i kopiowane na zasadach niekomercyjnych w dowolnej postaci (elektronicznej, drukowanej itp.) i na dowolnych nośnikach lub w sieciach komputerowych pod warunkiem nie dokonywania w nim żadnych zmian i nie usuwania nazwiska autora. Na tych samych warunkach dozwolone jest tłumaczenie na języki obce i rozpowszechnianie tych tłumaczeń.

Na rozpowszechnianie na innych zasadach konieczne jest uzyskanie pisemnej zgody autora.

**Odbiorniki i radiostacje  
z cyfrową obróbką sygnałów  
(SDR)**

**Tom 4**

**Krzysztof Dąbrowski OE1KDA**

**Wydanie 1  
Wiedeń, wrzesień 2018**

## Spis treści

Wstęp	6
1. Odbiorniki „SDRplay”	7
1.1. Test odbiornika „RSP1”	7
1.2. „RSP1A”	11
1.3. „RSP2”	12
1.4. „RSPduo”	13
1.5. Test odbiornika „RSP2pro”	14
2. Odbiornik „FiFi”	18
3. Odbiorniki firmy „Expert Electronics”	24
3.1. „Colibri SDR”	24
3.2. „Colibri Nano SDR”	26
4. Odbiorniki „Tecsun“	29
4.1. „Tecsun PL-880“	29
4.2. „XDATA D-808“	31
5. Odbiorniki różne	32
5.1. „Kiwi SDR”	32
5.2. „Airspy HF+”	33
5.3. „Airspy SDR”	33
5.4. „DX-Patrol SDR”	35
6. Nowoczesna radiostacja programowalna „SUNSDR2”	36
6.1. „SunSDR2-pro”	42
6.2. „SunSDR2-QRP”	44
7. Rodzina radiostacji „Flex 6000”	46
7.1. „Flex-6400”	53
7.2. Test radiostacji „Flex-6500”	53
7.3. „Flex-6600”	58
7.4. „Flex-Maestro”	59
8. Radiostacja „FDM-DUO”	60
8.1. Odbiornik „FDM-DUOr”	65
9. Radiostacja IC-7300 na pasma KF, 6 m i 4 m	68
9.1. Odbiornik IC-R8600	74
9.2. Test IC-7300	74
9.3. Radiostacja IC-7610	80
10. Radiostacja „Anan 8000”	83
Dodatek A. Odbiornik radiofoniczny na Si4835	84
Dodatek B. Przemiana częstotliwości dla odbiorników DVB-T	87
Literatura i adresy internetowe	88

## Sommaire

### Récepteurs et transceivers SDR

Préface	6	
1. Récepteurs de „SDRplay”	7	7
1.1. Test du récepteur „RSP1”	7	
1.2. „RSP1A”	11	
1.3. „RSP2”	12	
1.4. „RSPduo”	13	
1.5. Test du récepteur „RSP2pro”	14	
2. Récepteur „FiFi”	18	
3. Récepteurs de „Expert Electronics”	24	
3.1. „Colibri SDR”	24	
3.2. „Colibri Nano SDR”	26	
4. Récepteurs de „Tecsun”	29	
4.1. „Tecsun PL-880”	29	
4.2. „XDATA D-808”	31	
5. Récepteurs différentes	32	
5.1. „Kiwi SDR”	32	
5.2. „Airspy HF+”	33	
5.3. „Airspy SDR”	33	
5.4. „DX-Patrol SDR”	35	
6. Transceiver moderne SDR „SUNSDR2”	36	
6.1. „SunSDR2-pro”	42	
6.2. „SunSDR2-QRP”	44	
7. Famille des transceivers „Flex 6000”	46	
7.1. „Flex-6400”	53	
7.2. Test du transceiver „Flex-6500”	53	
7.3. „Flex-6600”	58	
7.4. „Flex-Maestro”	59	
8. Transceiver „FDM-DUO”	60	
8.1. Récepteur „FDM-DUOr”	65	
9. Transceiver IC-7300 pour ondes courtes, 6 m et 4 m	68	
9.1. Récepteur IC-R8600	74	
9.2. Test du transceiver IC-7300	74	
9.3. Transceiver IC-7610	80	
10. Transceiver „Anan 8000”	83	
Annexe A. Récepteur pour radiodiffusion à Si4835	84	
Annexe B. Convertisseur de fréquence pour récepteurs TNT	87	
Les pages WEB	88	

## Wstęp

Tematem obecnego tomu są testy i dokładniejsze opisy niektórych popularnych i nie nadmiernie kosztownych (w swojej klasie) odbiorników i radiostacji programowalnych. W zamierzeniu autora mają one zapoznać czytelników z aktualnymi możliwościami i parametrami sprzętu pracującego na zasadzie cyfrowej obróbki sygnałów. Zasady ich pracy, dawniejsze, dostępne jeszcze często z drugiej ręki lub mniej znane urządzenia tej klasy i podstawowe wiadomości dotyczące cyfrowej obróbki sygnałów zawierają tomy 12, 13, 31 i 36 „Biblioteki polskiego krótkofalowca” i dlatego autor unika ich powtarzania w obecnym opracowaniu.

Samodzielna konstrukcja odbiorników i radiostacji z cyfrową obróbką sygnałów jest stosunkowo nieskomplikowana dzięki dostępności scalonych procesorów sygnałowych dostosowanych do takich potrzeb jak również gotowych, opartych na nich modułów. Procesory typów Si4731, 4735, 4831, 4835 są przeznaczone do użytku w odbiornikach radiofonicznych pokrywających (w zależności od typu procesora) zakresy fal średnich, najważniejsze pasma radiowe KF i zakres UKF w granicach pomiędzy 64 i 108 MHz. Si4734 jest z kolei przeznaczony do obróbki sygnałów na niskiej częstotliwości pośredniej odbiorników z przemianą częstotliwości. Dla radiostacji na pasma 2 m i 70 cm zostały opracowane moduły DRA818V i DRA818U. Są one stosowane w wielu fabrycznych radiostacjach amatorskich, ale warto wykorzystać je we własnych konstrukcjach radiostacji albo odbiorników.

Porównując aktualne rozwiązania z konstrukcjami sprzed niewielu nawet lat łatwo zauważyć, że obecnie dominują konstrukcje z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową. Sygnał w.cz. z anteny po wstępnej filtracji, ewentualnym dodatkowym wzmocnieniu przez przedwzmacniacz lub słumieniu przez tłumik jest przetwarzany na postać cyfrową i dopiero potem (przeważnie w programowalnej matrycy FPGA) następuje selekcja pożądaných próbek z całego strumienia danych i ich dalsza obróbka. Parametry odbiornika zależą w znacznym stopniu od właściwości przetwornika analogowo-cyfrowego (a/c) i obwodów selektywnych na wejściu odbiornika chroniących wraz z ewentualnym tłumikiem przetwornik przed przesterowaniem. O parametrach torów nadawczych decydują z kolei właściwości przetworników cyfrowo-analogowych i ich wyjściowych filtrów dolnoprzepustowych (FDP).

*Krzysztof Dąbrowski OE1KDA*

*Wiedeń*

*28 września 2018*

## 1. Odbiorniki „SDRplay”

### 1.1. Test odbiornika „RSP1”

Produkowany przez firmę SDRplay ([www.sdrplay.com](http://www.sdrplay.com)) programowalny odbiornik „RSP1” pokrywa szeroki zakres częstotliwości i dzięki niskiej cenie ułatwia wejście w świat cyfrowej obróbki sygnałów. W obecności silnych sygnałów wymaga jednak starannego doboru ustawień dla uniknięcia niebezpieczeństwa przesterowania. Test jest tłumaczeniem z poz [1.1].

„RSP1” jest odbiornikiem atrakcyjnym dla wszystkich, których od praktycznego zajęcia się cyfrową obróbką sygnałów odstraszała cena urządzeń. Odbiornik zwany również przez producenta procesorem widma radiowego pokrywa w sposób ciągły szeroki zakres częstotliwości od 10 kHz do 2 GHz (czyli m.in. wszystkie pasma amatorskie od 137 kHz do 23 cm).

Jak w większości współczesnych odbiorników programowalnych sygnały radiowe są przetwarzane na postać cyfrową po przejściu przez możliwie krótki tor odbiorczy (schemat na rys. 1.1.4). Strumień uzyskanych danych jest przekazywany do komputera poprzez złącze USB, gdzie jest on dalej przetwarzany przez program odbiorczy. W komplecie z odbiornikiem dostarczany jest wprawdzie program *SDRuno*, ale możliwe jest użycie wielu innych programów z tej kategorii dla systemów Windows (m.in. *HDSDR*, *SDR#*, *SDR Console*), MacOS, Linux i Android. „RSP1” może współpracować także z „Maliną” 2 lub 3 albo mikrokomputerami tej samej klasy.

Pomimo niskiej ceny nie można „RSP1” zaliczyć do rozwiązań z dolnej półki. Zawiera on 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy o częstotliwości próbkowania 2 – 10,66 MPróbek/s, przedwzmacniacz o regulowanym wzmacnieniu i zestaw filtrów wejściowych. Bardziej, w porównaniu z popularnymi odbiornikami DVB-T, rozbudowany układ wejściowy nie zapewnia jednak dostatecznej odporności na przesterowanie.

Zestaw ośmiu automatycznie przełączanych filtrów wejściowych zawiera: filtr dolnoprzepustowy 12 MHz, filtry pasmowe 12 – 30, 30 – 60, 60 – 120, 120 – 250, 250 – 420, 420 – 1000 MHz i filtr górnoprzepustowy 1000 MHz.



#### Czarna skrzynka

Odbiornik mieści się w czarnej plastikowej obudowie o wymiarach 95 x 80 x 30 mm. Na zewnątrz widoczne są jedynie gniazdko antenowe SMA i gniazdko USB typu B (złącze USB 2.0). W kabel USB i ewentualną przejściówkę z SMA na BNC, N albo UC1 trzeba się jednak zaopatrzyć oddzielnie. Autor testu zaleca aby kabel USB posiadał pierścienie ferrytowe tłumiące sygnały mogące zakłócić pracę odbiornika. „RSP1” jest zasilany ze złącza USB i nie wymaga oddzielnego zasilania. Po podłączeniu anteny i kabla USB jest on gotów do pracy.

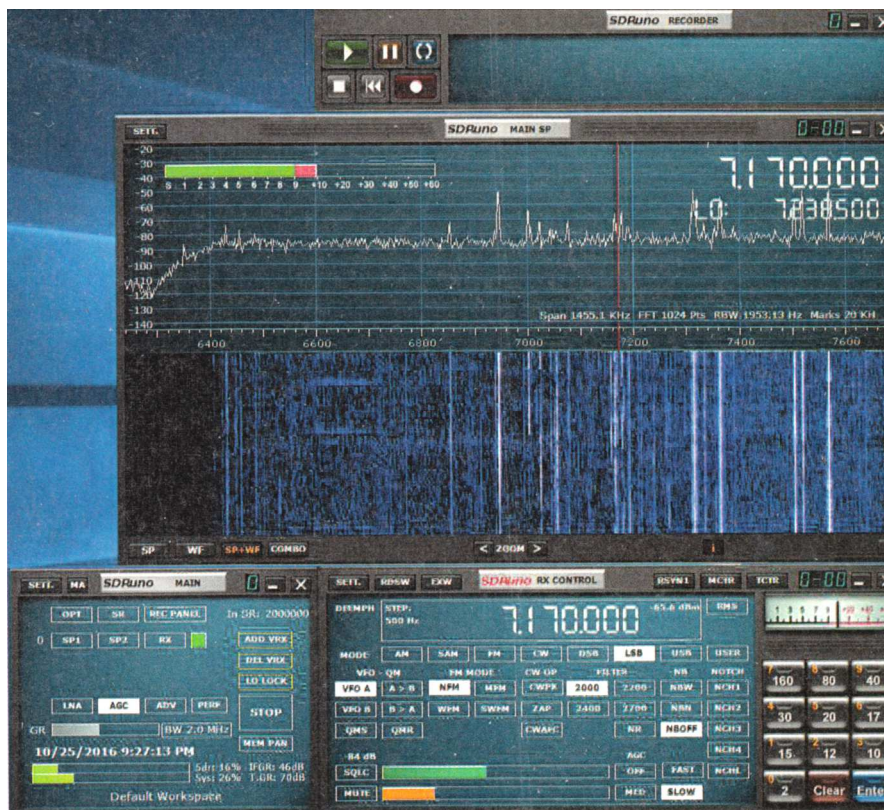
## „RSP1” w praktyce

Możliwości i właściwości odbiorników programowalnych zależą głównie od użytego oprogramowania. Może ono przykładowo pozwalać na odbiór stereofoniczny UKF albo nie. Odbiornik „RSP1” posiada niskoszumny wzmacniacz wstępny (VLNA) o regulowanym wzmacnieniu i dopasowane do niego oprogramowanie musi pozwalać na regulację wzmacnienia lub całkowite jego wyłączenie aby zapobiec przesterowaniu przez silne sygnały stacji radiofonicznych lub innych.

W ramach testu autor porównał programy *SDRuno* i *SDR Console*. *SDR Console* zyskał lepszą ocenę dzięki wygodniejszej i łatwiejszej do opanowania powierzchni obsługi. Zasadnicze możliwości obu z nich są do siebie zbliżone, a *SDRuno* pozwala nawet na obsługę kilku odbiorników równolegle więc wybór programu pozostaje kwestią indywidualnych upodobań.

Atrakcyjny zakres odbioru jest podzielony na segmenty 10 MHz, wewnątrz których odbiornik jest przestrajany w ramach płynnie przesuwanego okna o szerokości 260 kHz. Oprócz przestrajania za pomocą kółka myszy lub przez naciskanie myszą na wskaźnik widma możliwe jest też wpisywanie częstotliwości na klawiaturze. Zależnie od stosowanego oprogramowania odbierane pasmo może być obserwowane na wskaźniku widma, wodospadowym lub na obu. Szerokość pasma p.cz. jest przełączana w zakresie 200 kHz – 8 MHz.

Obydwa wymienione programy pozwalają wprawdzie na wyłączenie przedwzmacniacza, ale tłumienie daje się regulować wygodniej w *SDR Console*. W większości przypadków dobrze spisują się wprawdzie ustawienia domyślne, ale czasami niezbędna jest ich zmiana dla zapobieżenia przesterowaniom. Oba programy są wyposażone w detektory synchroniczne AM, pozwalają na odbiór stereofoniczny UKF i dekodują sygnały RDS.

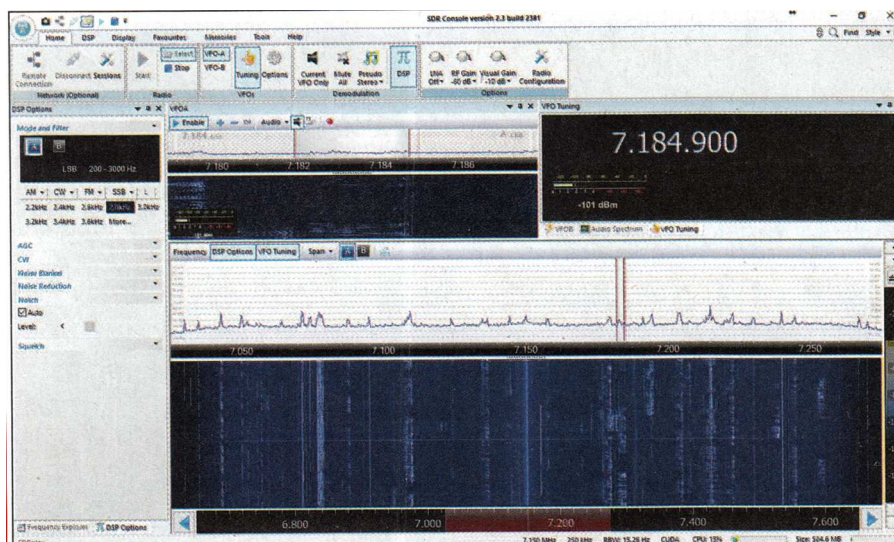


Ilustr. 1.1.1. Odbiór SSB w paśmie 40 m przy użyciu programu *SDRuno*. Na ekranie widoczne okna dla pojedynczego odbiornika, ale program może obsługiwać kilka równolegle

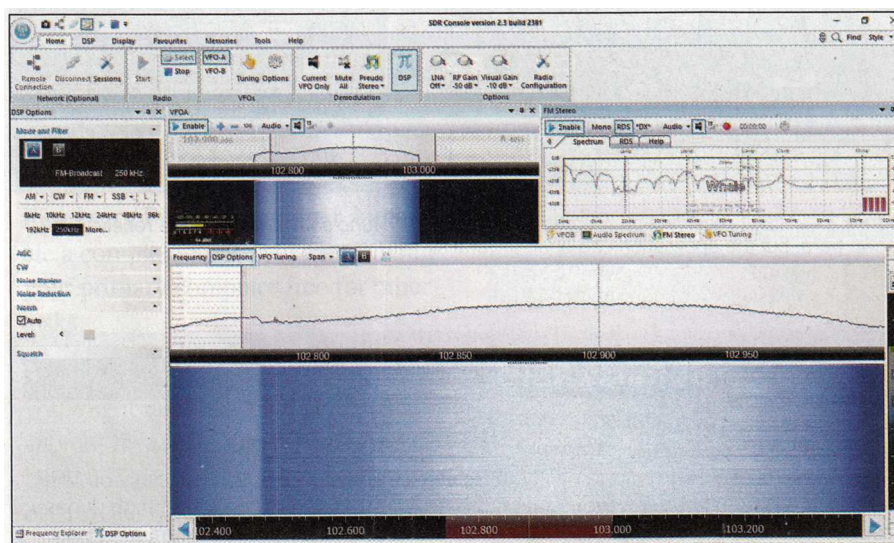
Odbiornik jest bardzo czuły zwłaszcza w zakresie UKF, ale maksimum czułości nie pokrywa się z maksymalnym zakresem dynamiki. Dla włączonego przedwzmacniacza maksymalną czułość uzyskuje się przy wyłączonej ARW, wzmacnieniu w.cz. -30 dB i całkowitym wzmacnieniu 100 dB.



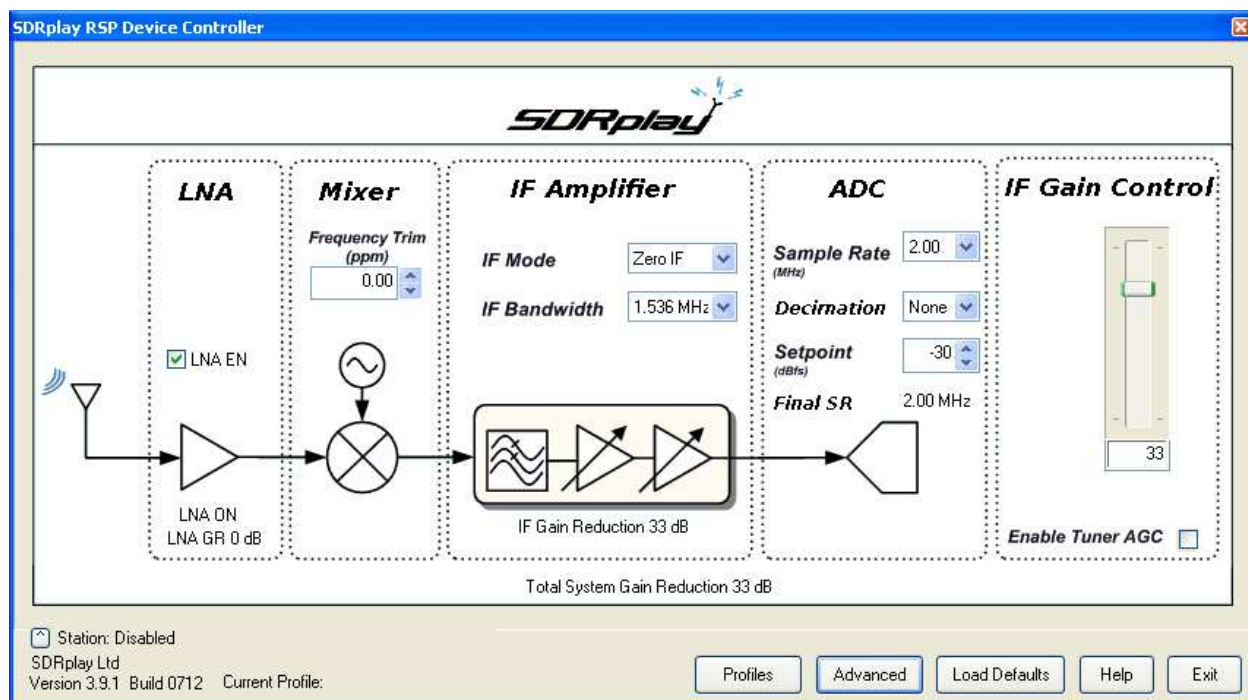
Jednak przesterowanie i znaczne zniekształcenia sygnałów m.cz. występują już dla sygnałów na poziomie  $S9 + 10$  dB. Wyłączenie przedwzmacniacza i włączenie ARW poszerza zakres dynamiki. W ramach testów zaobserwowano – wynikające z komputerowego przetwarzania sygnałów – opóźnienie dochodzące do 1/3 sekundy. Jest ono oczywiście zależne od szybkości pracy komputera i niektórych ustawień programu. Zasadniczo nie przeszkadza ono w niczym, ale może być zauważalne i utrudniające pracę w eterze w przypadku użycia odbiornika do podsłuchu własnych sygnałów telegraficznych.



Ilustr. 1.1.2. Odbiór SSB w paśmie 40 m przy użyciu programu *SDR Console*



Ilustr. 1.1.3. Dodatkowo do odbioru stereofonicznego UKF *SDR Console* dekoduje też dane RDS



Rys. 1.1.4. Schemat blokowy RSP1

### Uniwersalność

„RSP1” jest czymś więcej niż zwykłym odbiornikiem radiowym. Lepiej pasuje do niego określenie procesor widma radiowego (ang. *radio spectrum processor* – skąd wywodzi się oznaczenie RSP). Dodatkowo do oczywistego odbioru radiowego przez antenę może służyć jako przystawka panoramiczna do radiostacji wyposażonych w wyjście sygnału odbieranego lub wyjście p.cz. Przystawka taka nie tylko ułatwia orientację w sytuacji panującej na pasmach w zwykłych warunkach, ale co najważniejsze – na znalezienie luk w tłoku stacji obiegających rzadkiego korespondenta.

„RSP1” może być też świetnym odbiornikiem stacyjnym dla stacji QRP albo służyć jako zdalnie dostępny odbiornik internetowy. Dalsze funkcje i udoskonalenia – w granicach możliwości sprzętowych – pojawią się z pewnością w miarę udoskonalania oprogramowania.

Tabela 1.1.1

Pomiary odbiornika „RSP1” o numerze seryjnym H070716

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości: 0,01 MHz – 2 GHz	0,1 MHz – 2 GHz
Zasilanie: wyłącznie przez złącze USB	Zgodnie z danymi producenta
Emisje: SSB, CW, AM i FM	Zgodnie z danymi producenta
Odbiornik	Dynamiczne badania odbiornika
Czułość typ. -136 dBm (z włączonym przedwzmacniaczem)	Poziom szumów: pasmo 400 Hz, przedwzmacniacz włączony: 137 kHz, -127 dBm; 475 kHz, -136 dBm; 3,5 MHz, -139 dBm; 14 MHz, -137 dBm; 14 MHz, -114 dBm (przewzm. wył.); 50 MHz, -139 dBm; 144 MHz, -141 dBm; 222 MHz, -144 dBm; 440 MHz, -145 dBm; 902 MHz, -145 dBm; 1296 MHz, -144 dBm
Współczynnik szumów: nie podany	14 MHz, 10 dB; 144 MHz, 6 dB; 440 MHz, 2 dB
Czułość AM: nie podana	Dla odstępu sygnał/szum 10 dB, pasma 6 kHz: 1,020 MHz, 3,16 $\mu$ V; 3,885 MHz, 1,97 $\mu$ V; 50,4 MHz, 1,97 $\mu$ V; 120 MHz, 1,02 $\mu$ V; 144 MHz, 1,24 $\mu$ V

Czułość FM: nie podana	Dla odstepu 12 dB SINAD, pasma 12 kHz; 29 MHz, 0,28 $\mu$ V; 52 MHz, 0,28 $\mu$ V; 146 MHz, 0,50 $\mu$ V; 162 MHz, 0,15 $\mu$ V; 223 MHz, 0,15 $\mu$ V; 440 MHz, 0,14 $\mu$ V; 902 MHz, 0,19 $\mu$ V; 1296 MHz, 0,22 $\mu$ V			
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 400 Hz*): odstep 20 kHz      odstep 5/2 kHz 14 MHz      59 dB      59/59 dB			
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną (pasmo 400 Hz): nie podany	14 MHz, odstep 20/5/2 kHz: 72/72/72 dB**)			
Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 400 Hz)				
Pasmo/przedwzm.	odstep	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki
14 MHz/wył.	20 kHz	-114 dBm -97 dBm	-42 dBm -42 dBm	72 dB
14 MHz/wył.	5 kHz	-114 dBm -97 dBm	-42 dBm -42 dBm	72 dB
14 MHz/wył.	2 kHz	-114 dBm -97 dBm	-42 dBm -42 dBm	72 dB
Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz wył./włącz., 14 MHz, +23/+21 dB; 144 MHz, +39/+39 dB			
Tłumienie kanałów sąsiednich FM: nie podane	29 MHz, 49 dB; 52 MHz, 49 dB; 144 MHz, 53 dB; 440 MHz, 40 dB +)			
Dwutonowy zakres dynamiki trzeciego rzędu FM: nie podany	Przedwzmacniacz włączony, odstep 20 kHz: 29 MHz, 49 dB +); odstep 10 MHz: 29 MHz, 80 dB; 52 MHz, 78 dB; 144 MHz, 77 dB; 440 MHz, 76 dB			
Czułość blokady szumów: nie podana	29, 52, 144 MHz, 0,12 1 $\mu$ V ; 440 MHz 0,09 1 $\mu$ V			
Cyfrowa redukcja szumów: nie podana	26 dB			
Tłumienie filtra zaporowego: nie podane	tylko automatyczny filtr, 27 dB			
Charakterystyka częstotliwościowa p.cz./m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB i pasmo ++): CW (400 Hz): 298 – 700 Hz (pasmo 400 Hz) Równoważna szerokość pasma dla charakterystyki prostokątnej: 397 Hz USB (2,4 kHz): 203 – 2601 Hz (pasmo 2398 Hz) LSB (2,4 kHz): 203 – 2601 Hz (pasmo 2398 Hz) AM (6 kHz): 15 – 3004 Hz (pasmo 5986 Hz)			
Opóźnienie w wyniku przetwarzania komputerowego: nie podane	336 ms			
Wymiary (szerokość, głębokość, wysokość): 95 x 80 x 30 mm, masa 110 g				
*) Pomiar zakresu dynamiki ograniczonej blokowaniem i przemianą wsteczną przy włączonej ARW				
**) przemiana wsteczna (ang. <i>reciprocal mixing</i> ) nie wystąpiła aż do przesterowania przetwornika a/c				
+) Wyniki pomiarów ograniczone na podanej wartości przez szumy fazowe				
++) Wartości domyślne; szerokość pasma i częstotliwość graniczna regulowane				

## 1.2. „RSP1A”

Model „RSP1A” pokrywa zakres 1 kHz – 2 GHz w odcinkach o maksymalnej szerokości 10 MHz. Jest on wyposażony w 14-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy o częstotliwościach próbkowania 2 – 10,66 MHz (Mpróbek/s). Ne wejściu znajdują się przełączane obwody: dolnopasmowy 2 MHz, osiem pasmowych dla zakresu 2 – 1000 MHz i górnoprzepustowy 1000 MHz. Posiada on trzy filtry zaporowe (eliminatory) dla zakresów UKF 86 – 100 MHz (tłumienie > 50 dB), fal średnich 600 – 1550 kHz (tłumienie > 30 dB) i DAB+ 165 – 230 MHz (tłumienie również > 30 dB).

### 1.3. „RSP2”

„RSP2” jest unowocześnioną wersją „RSP1”. Posiada on trzy wejścia antenowe do wyboru (dwa SMA o impedancji  $50 \Omega$  dla zakresu 1,5 MHz – 2 GHz, jedno symetryczne wysokoomowe  $1,5 k\Omega$  dla zakresu 1 kHz – 30 MHz) i pokrywa zakres od 1 kHz do 2 GHz w odcinkach o szerokościach 200 kHz – 8 MHz. Częstotliwość pośrednia leży w zakresie 0 – 1,536 MHz. Odbiornik współpracuje z programami *HDSDR*, *SDR Console*, *Cubic SDR*, *SDRuno* i in., a do sterowania funkcjami sprzętowymi dostępna jest biblioteka DLL – ExtIO. Do zasilania „RSP2” służy złącze USB komputera. Na wejściach A i B odbiornika znajduje się 10 automatycznie przełączanych filtrów: filtr dolnoprzepustowy 12 MHz, filtry pasmowe 12 – 30 MHz, 30 – 60 MHz, 60 – 120 MHz, 120 – 250 MHz, 250 – 300 MHz, 300 – 380 MHz, 380 – 420 MHz, 420 – 1000 MHz i filtr górnoprzepustowy 1000 MHz. Dodatkowo posiada on filtry zaporowe dla pasma UKF 80 – 100 MHz (tłumienie > 50 dB) i fal średnich 680 – 1550 kHz (tłumienie > 30 dB). Na wejściu wysokoomowym znajduje się jedynie filtr dolnoprzepustowy 30 MHz bez dodatkowego przedwzmacniacza. Zmierzona przez niemieckiego krótkofalowca czułość przy szerokości pasma SSB 2,4 kHz w zakresie fal krótkich jest porównywalna z „RSP1”, a w pasmach UKF o około 1 dB wyższa. Współczynniki szumów na falach krótkich są zależnie od częstotliwości wyższe o 1 – 7 dB, natomiast w pasmach UKF o 1 – 2 dB niższe. Przedwzmacniacz LNA powoduje jednak obniżenie odporności na modulację skrośną 3 rzędu o około 24 dB. Korzystnym rozwiązaniem byłoby zapewnienie możliwości jego wyłączenia przynajmniej na falach krótkich. Przełączany tłumik zabezpiecza wprawdzie przetwornik a/c przed przesterowaniem, ale składowych intermodulacyjnych trzeciego rzędu powstałych w wyniku przesterowania przedwzmacniacza już się nie da usunąć. Najkorzystniejszym i najprostszym rozwiązaniem jest włączenie dodatkowego tłumika 10 – 20 dB pomiędzy antenę i wejście odbiornika.

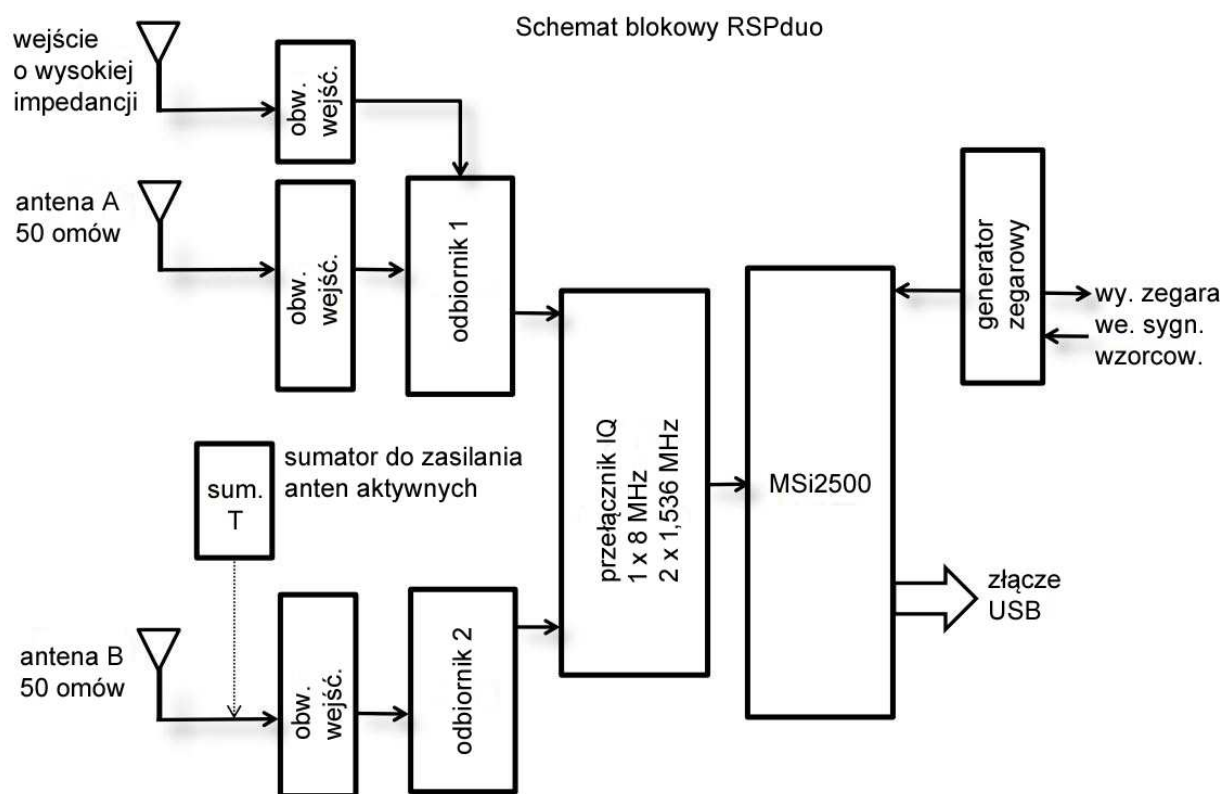
Generator sterujący TCXO zapewnia większą stabilność częstotliwości aniżeli stosowany w poprzednich modelach – typowo  $0,5 \times 10^{-6}$ , maks.  $0,01 \times 10^{-6}$ . Gniazdko antenowe B pozwala na zasilanie anten aktywnych napięciem 4,7 V przy maksymalnym dopuszczalnym poborze prądu 100 mA.

O ile w modelu „RSP1” istnieją oddzielne torry odbiorcze dla zakresów KF i UKF do 2 GHz (z dodatkowym wzmocnieniem 20 dB), o tyle w „RSP2” wszystkie sygnały od 1,5 MHz wzwyż przechodzą przez wspólny niskoszumny przedwzmacniacz 20 dB, na wyjściu którego znajduje się tłumik o regulowanym tłumieniu 0 – 40 dB przełączanym za pomocą diod PIN.

Model „RSP2” ma wymiary 98 x 86 x 32 mm i masę 112 g, natomiast „RSP2pro” – 99 x 87 x 33 mm i masę 296 g. „RSP2” jest wmontowany do obudowy plastikowej z wewnętrzną warstwą ekranującą, a „RSP2pro” – do metalowej ekranującej. Obie obudowy są w kolorze czarnym.

## 1.4. „RSPduo”

Model „RSPduo” zawiera dwa niezależne i identyczne odbiorniki „RSP2” we wspólnej obudowie.



Rys. 1.4.1. Schemat blokowy odbiornika RSPduo. W RSP2(pro) oba gniazdzka antenowe są doprowadzone przez przełącznik do jednego odbiornika przez zespół przełączanych filtrów, a gniazdzko anteny wysokoomowej do jego drugiego wejścia z pominięciem filtrów

Tabela 1.4.1  
Parametry „RSPduo”

Zakres odbioru	1 kHz – 2 GHz, ciągły
Filtry	Dolnoprzepustowy 2 MHz dla fal długich i średnich, pasmowe 2 – 12 MHz, 12 – 30 MHz, 30 – 60 MHz dla fal krótkich, pasmowe 60 – 120 MHz, 120 – 250 MHz, 250 – 300 MHz, 300 – 380 MHz, 380 – 420 MHz, 420 – MHz – 1 GHz, górnoprzepustowy dla zakresu 1 – 2 GHz, dodatkowe przełączane eliminatory dla fal średnich, UKF-u i zakresu DAB+ (pasma III)
Czułość	0,16 $\mu$ V dla pasma 1,5 kHz na 14 MHz
Przetwornik a-c	Msi2500, 14-bitowy, rzeczywista rozdzielczość zależna od częstotliwości próbkowania
Wejście i wyjście dla sygnału wzorcowego	
TCXO	24 MHz, stabilność $0,5 \times 10^{-6}$
Gniazdzka antenowe	zaciski dla anteny wysokoomowej, 2 x SMA, gniazdzko anteny B wyposażone w rozgałęźnik do zasilania przedwzmacniaczy i anten aktywnych (prąd maksymalny 100 mA)
Zasilanie	5 V, gniazdzko USB
Szerokość wyświetlanego pasma	maksymalnie 10 MHz
Wymiary	95 x 80 x 30 mm
Masa	320 g

Program odbiorczy *SDRuno* pozwala na równoległe korzystanie z obu odbiorników, natomiast *SDR Console* tylko z jednego.

### 1.5. Test odbiornika „RSP2pro”

Test odbiornika „RSP2pro” jest tłumaczeniem z poz. [1.2].

Odbiorniki „RSP2” i „RSP2pro” są elektrycznie podobne do modelu „RSP1”, ale dysponują dodatkowymi możliwościami interesującymi w zastosowaniach naukowo-technicznych. W odróżnieniu od czysto plastikowej obudowy „RSP1” plastikowa obudowa „RSP2” zawiera dodatkową warstwę ekranującą, a obudowa „RSP2pro” jest wykonana ze stali. Autor testu zaleca mimo to używanie ekranowanego kabla USB.

#### Różnice

„RSP1” i „RSP2” (pro) różnią się przede wszystkim połączeniami ze światem zewnętrznym. Najistotniejsze różnice pomiędzy nimi podano w tabeli 1.5.1. Dolna granica odbieranego zakresu wynosi 1 kHz zamiast 10 kHz, a na wejściu znajduje się 10 przełączanych filtrów. Słaba selektywność jest częstym problemem innych modeli odbiorników programowalnych. W przypadku korzystania ze wspólnej anteny z radiostacją należy zadbać o odpowiednią izolację, aby zapobiec przedostawaniu się energii w.c. z nadajnika w trakcie nadawania i uszkodzeniu w ten sposób odbiornika. Przedwzmacniacz „RSP2(pro)” ma przełączane wzmocnienie zamiast stałego wzmocnienia z możliwością jedynie wyłączenia jak w „RSP1”. Widoczną różnicę stanowi większa liczba gniazd antenowych: dwóch gniazd SMA (dla zakresu 1,5 MHz – 2 GHz) i jednego zaciskowego dla anteny o wysokiej impedancji (dla zakresu 1 kHz – 30 MHz). Pozwala to przykładowo na stałe podłączenie anten dla fal krótkich i UKF. Gniazdo SMA B pozwala na zasilanie anten aktywnych lub dodatkowych przedwzmacniaczy. Wyboru anten i włączenia zasilania dokonuje się programowo. Bardzo dobrym i wszechstronnym programem odbiorczym dla serii RSP jest *SDRuno*.

Tabela 1.5.1  
Różnice między „RSP1” i „RSP2”

Parametr	RSP1	RSP2
Zakres odbioru	10 kHz – 2 GHz	1 kHz – 2 GHz
Filtry wejściowe	8	10
Niskoszumny przedwzmacniacz	włączany w miarę potrzeby	Regulacja wzmocnienia
Gniazda antenowe SMA	1	2
Wejście dla anten wysokoomowych	brak	posiada
Włączane filtry zaporowe dla fal średnich i radiowego pasma UKF	brak	posiada
Wejście i wyjście dla generatora odniesienia	brak	MCX, 24 MHz
Wysokostabilny generator TCXO	brak	Standardowo $0,5 \times 10^{-6}$ maks. $0,1 \times 10^{-6}$
Wyjście zasilania dla anten aktywnych	brak	na gniazdku antenowym B, włączane w miarę potrzeby
Ekranowanie obudowy	brak	wewnątrz obudowy plastikowej („RSP1”), obudowa metalowa („RSP2pro”)

Tabela 1.5.2

Pomiary odbiornika „RSP2” o numerze seryjnym 1704008A10

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL						
Zakres częstotliwości: 1 kHz – 2 GHz	1,5 MHz – 2 GHz na wejściach antenowych A i B (50 Ω); 1 kHz – 30 MHz na wejściu wysokoomowym; poniżej 100 kHz obniżenie czułości						
Zasilanie: wyłącznie przez złącze USB	Zgodnie z danymi producenta						
Emisje: SSB, CW, AM, detektor synchroniczny AM, FM, NBFM, WFM	Zgodnie z danymi producenta						
Odbiornik	Dynamiczne badania odbiornika						
Czułość: nie podana	Poziom szumów: pasmo 400 Hz, maksymalne wzmocnienie przedwzmacniacza: na wejściu wysokoomowym 10 kHz, -115 dBm; 137 kHz, -125 dBm; 475 kHz, -130 dBm; 1,2 MHz, -133 dBm; 3,5 MHz, -140 dBm; 14 MHz, -144 dBm; 50 MHz, -147 dBm; 144 MHz, -147 dBm; 222 MHz, -147 dBm; 440 MHz, -147 dBm; 902 MHz, -147 dBm; 1296 MHz, -141 dBm; czułość przy najszerszym zakresie dynamiki w paśmie 14 MHz -123 dBm*						
Współczynnik szumów: 2,0 dB (10 MHz); 1,6 dB (20 MHz); 1,5 dB (40, 100 MHz); 1,9 dB (200 MHz), 5,0 dB (360 MHz); 2,5 dB (600 MHz); 3,5 dB (1300 MHz), 4,0 dB (1800 MHz)	14 MHz, 3 dB; 144, 223, 440, 902 MHz, 1 dB; 1296 MHz, 3 dB; pomiary przy maksymalnym wzmocnieniu w.cz.						
Czułość AM: nie podana	Dla odstępu sygnał/szum 10 dB, pasma 6 kHz: 1,020 MHz, 1,0 μV; 3,885 MHz, 0,63 μV; 50,4 MHz, 1,1 μV; 120 MHz, 1,02 μV; 144 MHz, 1,0 μV (przy maksymalnym wzmocnieniu w.cz.)						
Czułość FM: nie podana	Dla odstępu 12 dB SINAD, pasma 12 kHz (maks. wzm. w.cz.): FM NBFM 29 MHz, 0,13 μV; 0,11 μV; 52 MHz, 0,13 μV; 0,11 μV; 100 MHz 0,21 μV (WFM); 146 MHz, 0,13 μV; 0,11 μV; 162 MHz, 0,15 μV; 0,15 μV; 223 MHz, 0,62 μV; 0,52 μV; 440 MHz, 0,14 μV; 0,14 μV; 902 MHz, 0,19 μV; 0,15 μV; 1296 MHz, 0,25 μV; 0,22 μV						
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 400 Hz*): <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>odstęp 20 kHz</td> <td>odstęp 5/2 kHz</td> </tr> <tr> <td>14 MHz</td> <td>80 dB</td> <td>80/80 dB</td> </tr> </table>		odstęp 20 kHz	odstęp 5/2 kHz	14 MHz	80 dB	80/80 dB
	odstęp 20 kHz	odstęp 5/2 kHz					
14 MHz	80 dB	80/80 dB					
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną (pasmo 400 Hz): nie podany	14 MHz, odstęp 20/5/2 kHz: 72/72/72 dB**)						
Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 400 Hz)*							
Pasmo	odstęp	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki			
14 MHz	20 kHz	-123 dBm	-59 dBm	64 dB			
		-97 dBm	-44 dBm				
14 MHz	5 kHz	-123 dBm	-59 dBm	64 dB			
		-97 dBm	-44 dBm				
14 MHz	2 kHz	-123 dBm	-59 dBm	64 dB			
		-97 dBm	-44 dBm				

Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz wyłączony: 14 MHz, +21 dBm; 21 MHz, +17 dBm; 50 MHz, +19 dBm; 144 MHz, +13 dBm; 440 MHz, +39 dBm
Tłumienie kanałów sąsiednich FM: nie podane	Pomiar przy maksymalnym wzmacnieniu w.cz.: 29 MHz, 50 dB; 52 MHz, 49 dB; 144 MHz, 50 dB; 440 MHz, 40 dB
Dwutonowy zakres dynamiki trzeciego rzędu FM: nie podany	Maksymalne wzmacnienie w.cz., 20 kHz: 29 MHz, 50 dB +; 52 MHz, 49 dB+; 144 MHz, 50 dB, 440 MHz, 40 dB+ odstęp 10 MHz: 29 MHz, 61 dB; 52 MHz, 64 dB; 144 MHz, 57 dB; 440 MHz, 59 dB
Czułość blokady szumów: nie podana	0,17 $\mu$ V typ.
Cyfrowa redukcja szumów: nie podana	24 dB
Tłumienie filtra zaporowego: nie podane	tylko automatyczny filtr, 25 dB
Charakterystyka częstotliwościowa p.cz./m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB i pasmo **: CW (400 Hz): 284 – 682 Hz (pasmo 398 Hz) USB (2,4 kHz): 201 – 2603 Hz (pasmo 2402 Hz) LSB (2,4 kHz): 201 – 2603 Hz (pasmo 2402 Hz) AM (6 kHz): 20 – 3001 Hz (pasmo 5962 Hz)
Opóźnienie w wyniku przetwarzania komputerowego: nie podane	546 ms
Wymiary (szerokość, głębokość, wysokość): 99 x 87 x 33 mm, masa 296 g	
*) Wzmacnienie w.cz. dobrane dla maksimum dynamiki (5)	
+ Wyniki pomiarów ograniczone na podanej wartości przez szumy fazowe	
** Wartości domyślne; szerokość pasma i częstotliwość graniczna regulowane	

### Praca w eterze

„RSP2pro” może współpracować z różnymi programami odbiorczymi jak np. *HSDR*, czy *SDR Console*, ale autor testu korzystał z fabrycznego bezpłatnego *SDRuno* ([www.sdrplay.com](http://www.sdrplay.com)). Pozwala on na wyświetlanie na wskaźniku wodospadowym lub widma szerokich zakresów częstotliwości. Możliwe jest też albo równoległe wyświetlanie obydwu rodzajów wskaźników albo nawet nałożenie ich na siebie dla uzyskania interesujących efektów. Dostępnych jest 10 równoległych odbiorników programowych jeżeli pozwala na to moc przetwarzania komputera. W większości przypadków wystarcza jednak mniejsza liczba, np. dwa odbiorniki i wówczas obciążenie komputera jest znacznie niższe. Oprócz wersji dla Windows w witrynie producenta oferowane są również programy dla systemów MacOS, Linuksa, Androida i dla „Maliny”. Obraz pamięci dla „Maliny” zawiera system operacyjny i jest ładowany do modułu pamięci SD za pomocą programu „Win32DiskImager” lub odpowiednika. W następującej po zainstalowaniu oprogramowania fazie konfiguracji można skorzystać z połączenia SSH. Wygodnym rozwiązaniem jest użycie „Maliny” z dodatkowym 7-calowym ekranem. Szeroki zakres odbioru i duża czułość „RSP2pro” mogą być przyczyną zagubienia się w mnóstwie odbieranych stacji. *SDRuno* umożliwi korzystanie z filtrów zaporowych, ustawień wzmacnienia i rodzajów dekodowanych emisji. Autor testu z przyjemnością korzystał z detektora synchronicznego AM przy odbiorze stacji radiofonicznych.

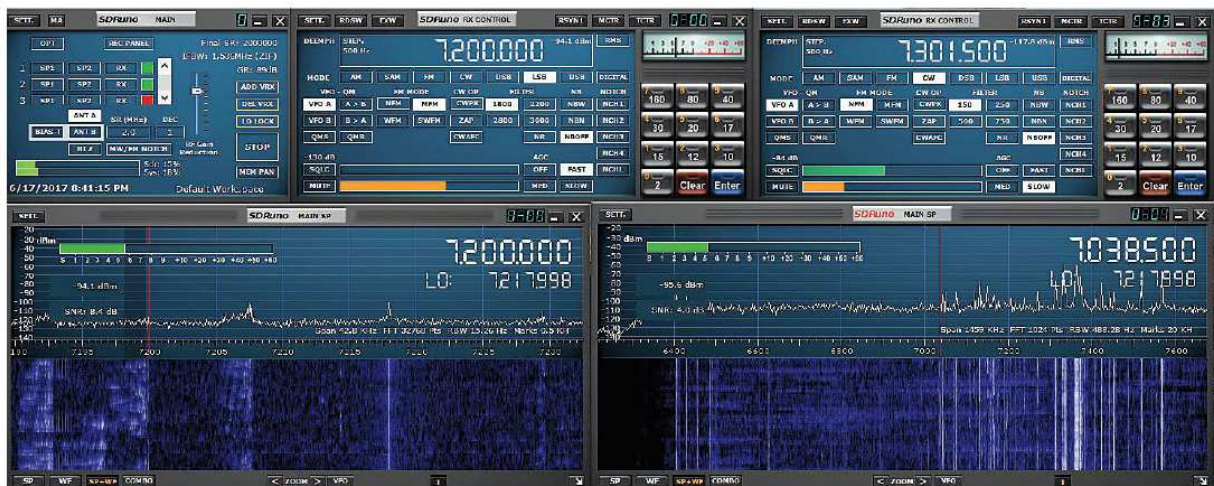
Sygnał wyjściowy z *SDRuno* można także udostępnić innym programom (dekoderom różnych emisji cyfrowych, cyfrowego dźwięku itp.) korzystając z programu *Virtual Audio Cable (VAC)*, *VB-Audio* lub podobnych. Cyfrowy ogranicznik szumów i możliwość korzystania z anten drutowych o wysokiej impedancji wyjściowej ułatwiają odbiór na falach długich i średnich. Dzięki zestawowi filtrów wejściowych i przełączanemu wzmacnieniu w.cz. „RSP2pro” dobrze spisuje się w wielu trudnych sytuacjach. Istotną sprawą jest też dobre ekranowanie odbiornika przez zamknięcie go w całkowicie metalowej obudowie.

Filtry zaporowe i możliwość korzystania z kilku przełączanych anten ułatwiają też odbiór na pozostałych zakresach częstotliwości.

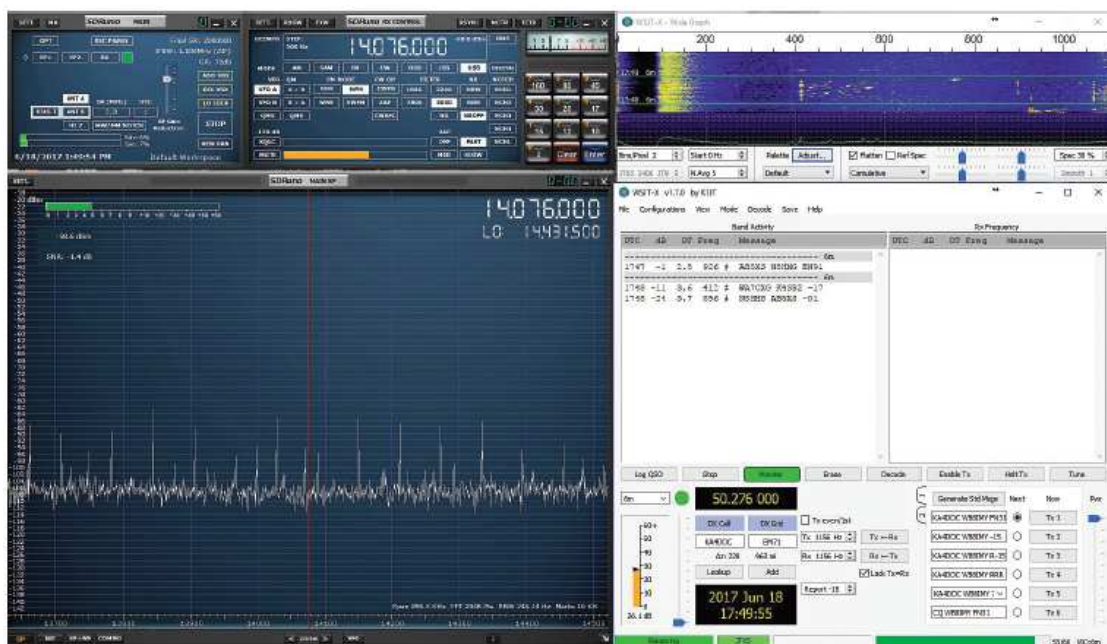




Fot. 1.5.2. RSP2pro – widok od frontu. Na tylnej ścianie oprócz gniazdka USB znajdują się dwa gniazdko MCX – wejściowe dla sygnału wzorcowego i wyjściowe generatora sterującego



Fot. 1.5.2. Korzystanie z dwóch odbiorników RSP2pro równolegle w SDRuno



Fot. 1.5.3. Dekodowanie JT65 przy współpracy WSJT-X z SDRuno

## 2. Odbiornik „FiFi”

Zestaw do własnej konstrukcji zapewnia szybki i tani wgląd w świat techniki cyfrowej obróbki sygnałów. Test jest tłumaczeniem z poz. [2.1].

Ten mały – naprawdę mały – odbiornik programowalny powstał w ramach projektu realizowanego w Wyższej Szkole Inżynierskiej w niemieckim mieście Meschede. Jego celem miało być stworzenie taniego odbiornika programowalnego (ang. *SDR*) pokrywającego zakresy fal długich, średnich i krótkich, zawierającego własny podsystem dźwiękowy i podłączanego do komputera jedynie za pomocą złącza USB.

Debiut nastąpił po kilku podejściach w 2010 r. na obozie krótkofalarskim *Fichten Fieldday* („Polny Dzień pod świerkami”) organizowanym dorocznie przez DARC, gdzie uczestnicy mieli okazję konstruować go z przygotowanych zestawów – stąd też wywodzi się jego nazwa – *FichtenFieldday*.

Dzięki sprzedaży w sklepie internetowym miesięcznika „Funkamateurl” konstrukcja zyskała znaczną popularność i zalicza się do handlowych przebojów sklepu.

Odbiornik pokrywa zakres 200 kHz – 30 MHz (po usunięciu transformatora wejściowego wg danych producenta ok. 40 kHz – 40 MHz) a odbierane emisje zależą jedynie od użytego oprogramowania odbiorczego.

Początkowo „FiFi” był bardzo wrażliwy na przesterowania spowodowane silnymi sygnałami, zwłaszcza pochodzącymi od pobliskich stacji radiofonicznych. Dla zapobieżenia im dodano preselektor zawierający na oddzielnej płytce drukowanej szereg filtrów dolnoprzepustowych przełączanych automatycznie w zależności od częstotliwości dostrojenia odbiornika. Płytkę mieści się bez problemu w dotychczasowej aluminiowej obudowie odbiornika o wymiarach ok. 110 x 55 x 24 mm.

Zestaw konstrukcyjny „FiFi” zawiera dwie płytki drukowane z wlutowanymi wszystkimi podzespołami montowanymi powierzchniowo. Jedynymi koniecznymi pracami montażowymi są wmontowanie gniazdek antenowego BNC i słuchawkowego 3,5 mm, listew kontaktowych służących do połączenia obu płytek, podstawki i włożenia do niej transformatora w.cz. typu CX 2064 w 6-nóżkowej obudowie DIL. Na załączonym dysku CD zawarta jest instrukcja montażu i uruchomienia odbiornika („Baumappte” w języku niemieckim), sterowniki i oprogramowanie *RadioJet* firmy Bonito. Nawet bez dostatecznej znajomości niemieckiego montaż nie sprawia trudności, ponieważ wystarczy tylko skorzystać z zawartych w niej ilustracji. Po wlutowaniu elementów należy połączyć ze sobą obie płytki, wsunąć je do obudowy i przykręcić do niej ścianki czołową i tylną. Autor testu wykonał wszystkie te prace w ciągu 20 minut.

Do pracy konieczne jest jedynie podłączenie dwóch kabli: kabla antenowego do gniazda BNC i kabla USB łączącego go z komputerem.

Przed pierwszym połączeniem odbiornika z PC należy zainstalować załączone sterowniki USB.

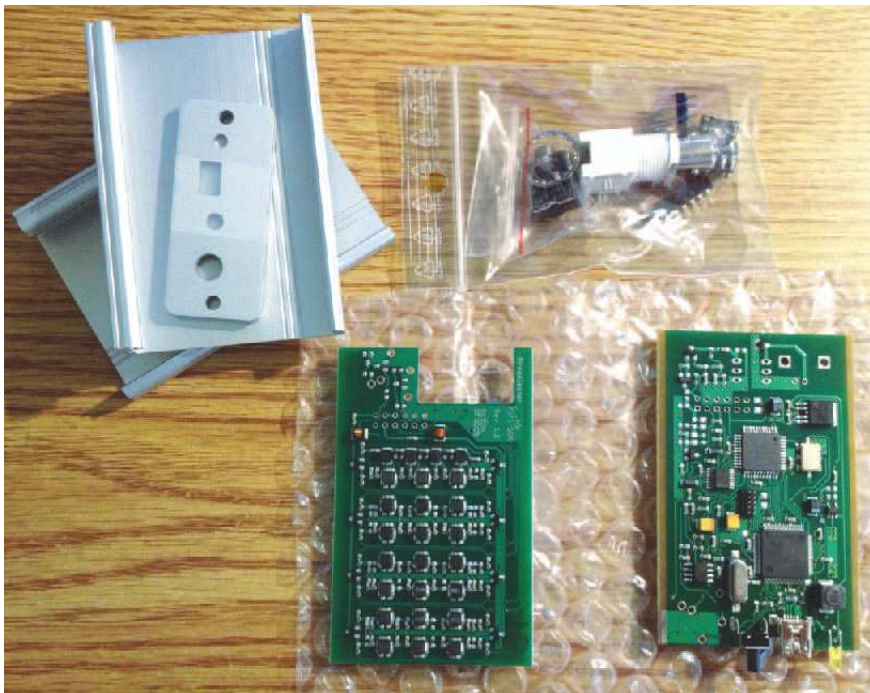
W przeciwnym przypadku po podłączeniu odbiornika wyświetlany jest meldunek błędu.

### Uruchomienie

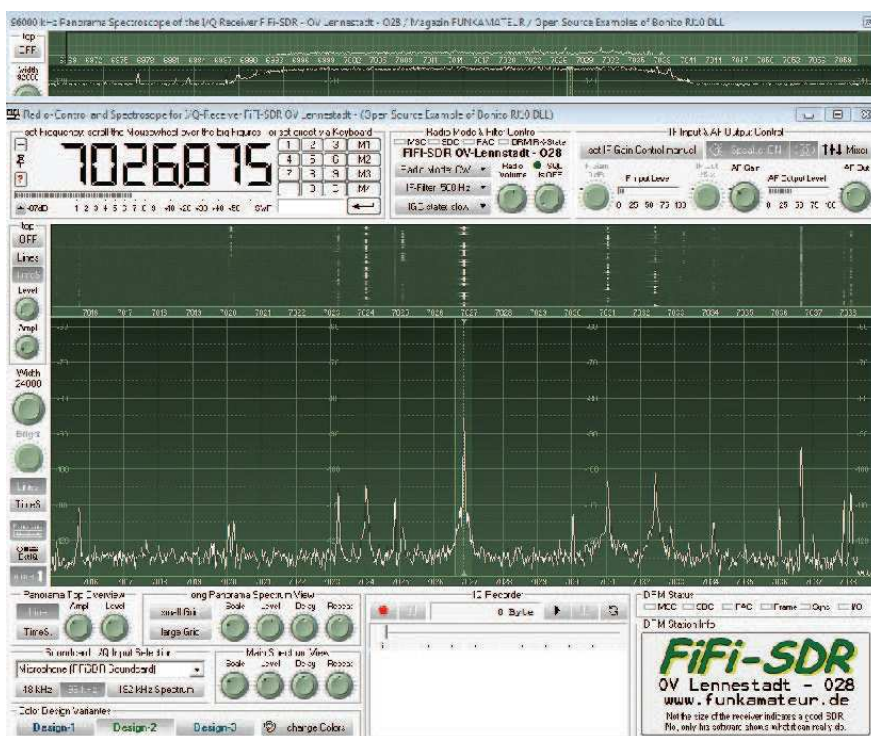
Sygnały odbierane przez antenę są wstępnie filtrowane przez preselektor a następnie mieszane z sygnałem heterodyny, w której pracuje scalony syntezer Si570. Na wyjściu mieszacza otrzymywane są dwa sygnały m.cz. przesunięte wzajemnie w fazie o 90 stopni – sygnał synfazowy I i kwadraturowy Q. Odbiornik pracuje więc w układzie z bezpośrednią przemianą czyli homodynowym. Sygnały I i Q niosą w sobie kompletne dane niezbędne do ich cyfrowej obróbki w komputerze – filtracji, eliminacji zakłóceń, detekcji itd.

Sygnały te mogą być przekazane do komputera w dwojaki sposób: w postaci analogowej z 3,5 mm gniazdka wyjściowego odbiornika do stereofonicznego wejścia mikrofonowego lub linii komputera albo w postaci cyfrowej przez złącze USB. W tym celu „FiFi” jest wyposażony we własny podsystem dźwiękowy o częstotliwości próbkowania 192 kHz. Większość użytkowników odbiornika korzysta właśnie z tej drugiej możliwości.

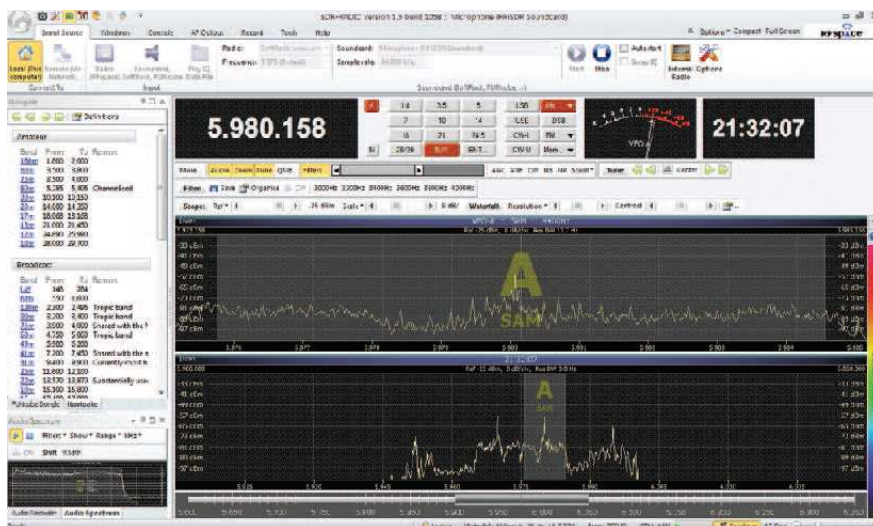
Konstrukcja „FiFi” pozwala na współpracę z wieloma programami odbiorczymi SDR. Na załączonym dysku CD znajduje się specjalna bezpłatna wersja programu *RadioJet* firmy Bonito. Pozwala ona na detekcję emisji AM, FM, SSB i CW (fot. 2.2).



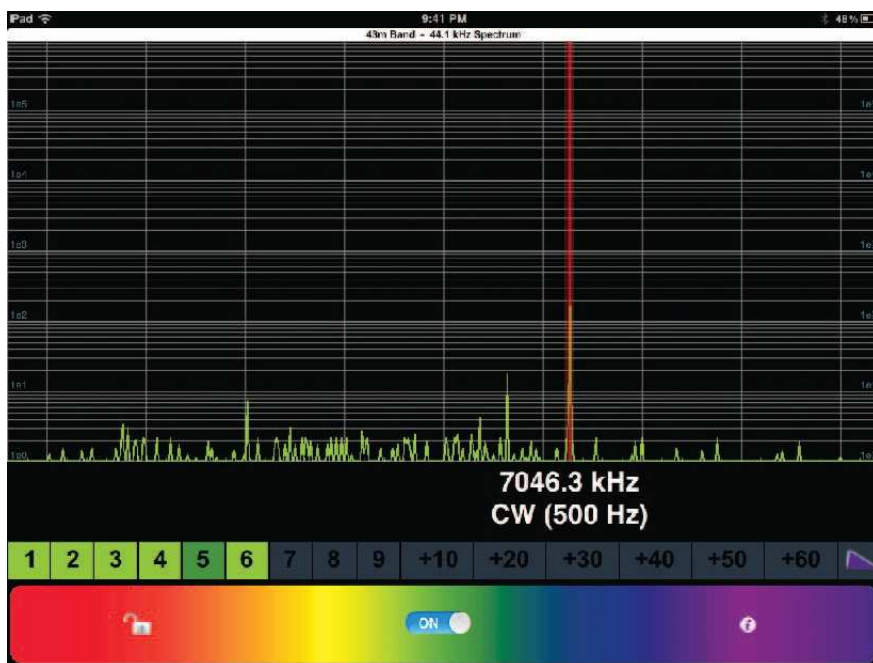
Fot. 2.1. Zestaw konstrukcyjny „FiFi” zawiera dwie gotowe płytki drukowane, niewielką ilość części i metalową obudowę



Fot. 2.2. Odbiór wielu sygnałów telegraficznych w paśmie 40 m za pomocą programu *RadioJet*



Fot.. 2.3. Synchroniczny odbiór AM



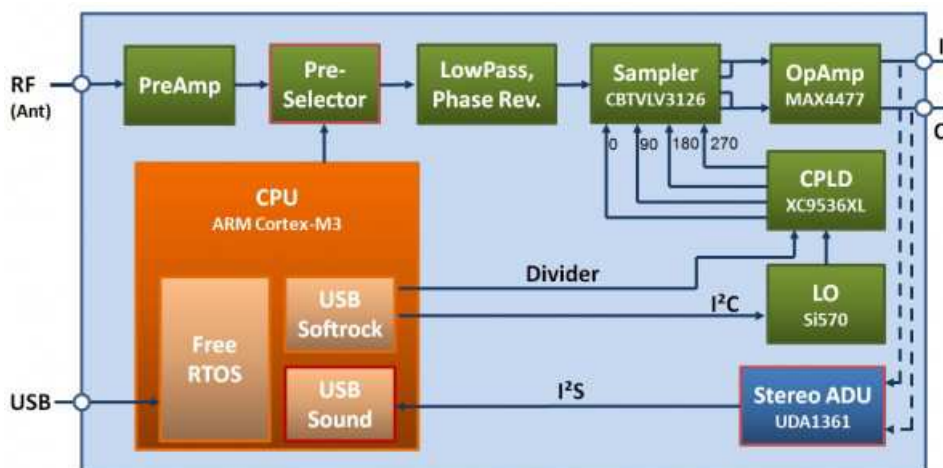
Fot. 2.4. Odbiornik „FiFi” we współpracy z iPadem i programem iSDR.

Dodatkowo umożliwia ona także dekodowanie sygnałów cyfrowej radiofonii DRM (Digital Radio Mondiale). Transmisje DRM spotykane są obecnie najczęściej na falach krótkich, ale niektóre stacje nadają nią także na falach średnich. Wiele innych programów odbiorczych tej kategorii wymaga albo dokupienia oficjalnego dekodera instytutu Fraunhofera albo zaopatrzenia się w dodatkowy bezpłatny dekodery DREAM. Do współpracy z tymi dekodernami konieczna jest instalacja programu Virtual Radio Cable (VAC). *RadioJet* sam dekoduje emisje DRM i nie wymaga w tym celu instalacji żadnych dodatkowych programów. Do odbioru DRM konieczne jest jedynie dostrojenie odbiornika do sygnału stacji tak aby znajdował się na środku okna o szerokości 12 kHz i naciśnięcia na niego myszą.

Innym programem zastosowanym z powodzeniem przez autora testu jest *SDR-Radio* – autorstwa znanego dzięki Ham Radio Deluxe Simona Browna HB9DRV. Dysponuje on wszechstronnymi możliwościami włącznie z regulacją szerokości pasma filtrów od 50 Hz wzwyż. Nie dekoduje on wprawdzie emisji DRM ale posiada za to synchroniczny detektor AM pozwalający na odbiór mniej zakłóconej wstęgi bocznej (fot. 2.3).

Oba programy pracowały bez problemu w środowisku Windows 7 i komunikowały się poprawnie z odbiornikiem przez złącze USB. Należy tylko zwrócić uwagę aby w konfiguracji *RadioJet* wybrać podsystem dźwiękowy „FiFi-SDR” (w konfiguracji *SDR-Radio* występuje on pod nazwą „SoftRock”). Możliwe jest także skorzystanie z innych popularnych programów takich jak Winrad, HSDR (WinradHD), PowerSDR, SoDiRa, Rocky itp.

Użycie dodatkowych akcesoriów *Apple Camera Connection Kit* i *Griffin iMic* z wejściem stereofonicznym pozwala na doprowadzenie kwadraturowych sygnałów m.cz. z „FiFi” do wejścia iPada za pomocą standardowego kabla stereofonicznego. Pobrany ze sklepu internetowego iTunesStore bezpłatny program *iSDR* umożliwia dobry odbiór także za pomocą iPada (fot. 2.4). Rozwiązanie to obarczone jest dwoma zasadniczymi niedogodnościami: płatnością koniecznych kabli i przejściówek dla iPada oraz koniecznością zasilania odbiornika w dalszym ciągu przez złącze USB z komputera.



Rys. 2.5. Schemat blokowo-funkcyjny odbiornika



Fot. 2.6. Dodatkowe konwertery

### Doświadczenia praktyczne

Po podłączeniu odbiornika do komputera przez złącze USB dioda świecąca na płycie czołowej miga sygnalizując prawidłową pracę mikroprocesora (*FiFi* nie posiada wyłącznika zasilania). Następnie można już uruchomić program odbiorczy. W trakcie porównań z TS-2000 okazało się, że *FiFi* odbierał z porównywalną siłą wszystkie stacje odbierane przez radiostację Kenwooda. Dokładne wyniki pomiarów przeprowadzonych w laboratorium ARRL zebrano w tabeli 2.1.

Autor zauważył jednak, że pomimo wbudowanego preselektora nie udało się całkiem wyeliminować zjawiska przesterowania odbiornika przez sygnały silnych stacji. W większości przypadków nie stanowiło to poważnego problemu i dawało się zauważyć przykładowo w pasmach amatorskich w czasie zawodów, kiedy w pobliżu znajdowało się kilka silnych stacji. W pozostałych sytuacjach korzystanie z *FiFi* sprawiało prawdziwą przyjemność.

Podobnie jak większość pozostałych modeli odbiorników programowalnych również i oprogramowanie fabryczne *FiFi* daje się aktualizować. Po przyciśnięciu przycisku na płycie czołowej i włączeniu zasilania (podłączeniu kabla USB) *FiFi* jest widoczny dla komputera jako zewnętrzna pamięć USB, do której można wpisać nowszą wersję oprogramowania. Szczegółowy opis procedury programowania podano w instrukcji.

Syntezer Si570 pracuje na zasadzie cyfrowej pętli synchronizacji fazy i dla uzyskania dostatecznej dokładności wskazań wymaga przeprowadzenia kalibracji. W najprostszym przypadku polega to na dostrojeniu odbiornika do stacji o dokładnie znanej częstotliwości i skorygowania wskazań częstotliwości w oknie programu. Szczegółowy opis procedury kalibracji podany jest w instrukcji. W odróżnieniu od radiostacji FA-SDR temperatura pracy syntezeru nie jest stabilizowana.

*FiFi* nie jest wprawdzie odbiornikiem najwyższej klasy ale w swojej klasie jest bezkonkurencyjny.



Fot. 2.7

Tabela 2.1  
Odbiornik programowalny „FiFi”

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres pracy: odbiór 200 kHz – 30 MHz	55 kHz – 50 MHz
Zasilanie: 5 V przez złącze USB	
Dekodowane emisje: SSB, CW, AM, FM, DRM (dodatkowo, zależnie od wybranego programu odbiorczego)	Zgodnie z danymi producenta. DRM i detektor synchroniczny AM zależnie od użytego programu odbiorczego.
Odbiornik	Dynamiczne pomiary odbiornika
Czułość: SSB, -116 dBm przy 10 dB SINAD	Poziom szumów (najniższy sygnał rozpoznawalny – MDS), pasmo 500 Hz 0,137 MHz -110 dBm 0,475 MHz -120 dBm 1,0 MHz -124 dBm 3,5 MHz -124 dBm 14 MHz -122 dBm 28 MHz -123 dBm
Szumy własne: nie podano	14 MHz, 25 dB
Czułość dla AM: nie podana	10 dB S/(S+N), 1 kHz, 30 % modulacji, pasmo 6 kHz: 1,0 MHz 4,07 μV 3,8 MHz 4,26 μV 29,0 MHz 4,95 μV
Czułość dla FM: 0,56 μV dla 12 dB SINAD, dewiacja 3 kHz, pasmo 12 kHz	Dla 12 dB SINAD, dewiacji 3 kHz, pasma 12 kHz: 29 MHz, 2,09 μV
Czułość wskaźnika widma: -140 dBm	-125 dBm

Dynamiczny zakres blokowania odbiornika (kompresji wzmacnienia): nie podany		Kompresja wzmacnienia, pasmo 500 Hz: odstęp 20 kHz    odstęp 5/2 kHz 3,5 MHz    105 dB    105/105 dB 14 MHz    104 dB    104/104 dB 28 MHz    105 dB    105/105 dB			
Dynam. zakres przemiany wstecznej: nie podany		Odstęp 20/5/2 kHz: 133/104*/104* dB			
Dwutonowe pomiary modulacji skrośnej, pasmo 500 Hz**					
Pasmo	Odstęp	Poziom wejściowy	Zmierzony poziom IMD	Zmierzony zakres dynam. IMD	Obliczona wartość IP3
3,5 MHz	20 kHz	-45 dBm	-124 dBm	59 dB	-5 dBm
		-38 dBm	-97 dBm		-5 dBm
14 MHz	20 kHz	-46 dBm	-122 dBm	76 dB	-8 dBm
		-23 dBm	-97 dBm		-8 dBm
		0 dBm	-4 dBm		-2 dBm
14 MHz	5 kHz	-45 dBm	-122 dBm	77 dB	-6 dBm
		-38 dBm	-97 dBm		-8 dBm
		0 dBm	-3 dBm		-2 dBm
14 MHz	2 kHz	-45 dBm	-122 dBm	77 dB	-6 dBm
		-19 dBm	-97 dBm		-8 dBm
		0 dBm	-3 dBm		-2 dBm
28 MHz	20 kHz	-45 dBm	-123 dBm	78 dB	-6 dBm
		-36 dBm	-97 dBm		-5 dBm
Dwutonowy zakres dynamiki modulacji skrośnej drugiego rzędu: nie podany		+11 dBm			
Tłumienie kanału sąsiedniego: nie podane		Odstęp 20 kHz, 40 dB			
Dwutonowy zakres dynamiki modulacji skrośnej trzeciego rzędu dla FM: nie podany		Odstęp 20 kHz: 29 MHz, 40 dB <sup>+</sup>			
Czułość miernika siły sygnałów: nie podana		Sygnał S9 na 14 MHz: 50 µV			
Próg blokady szumów: nie podany		29 MHz: 0,43 µV			
Pasmo przenoszenia p.cz./m.cz.: nie podane		Pasmo dla -6 dB: CW (filtr 500 Hz): 751 – 1251 Hz (500 Hz) USB (filtr 2,5 kHz): 67 – 2500 Hz (2433 Hz) LSB (filtr 2,5 kHz): 63 – 2502 Hz (2439 Hz) AM (6 kHz): 61 – 2935 Hz (5870 Hz)			
* Nie zaobserwowano przemiany zwrotnej (wstecznej) aż do poziomu progu blokowania.					
** Pomiary dynamiczne modulacji skrośnej przeprowadzane przez ARRL zawierają wyniki dla dwóch tonów przy różnych poziomach sygnału. Wyniki pomiarów dwutonowych zakresu dynamiki trzeciego rzędu porównywalne z wynikami poprzednich badań podawane są w pierwszej linii każdej z grup. Kolumna IP3 zawiera obliczony punkt przecięcia trzeciego rzędu. Punkty przecięcia drugiego rzędu zostały określone dla poziomu -97 dBm.					
+ Wynik pomiaru ograniczony do podanej wartości przez szumy fazowe.					
Szerokość próbkowanego podzakresu: w wersji 1.2 – 96 kHz, w wersji 2.0 (od 2013 r.) – 192 kHz (dla wbudowanego podsystemu dźwiękowego UDA1361TS)					
Preselektor: 7 przełączanych automatycznie dolnoprzepustowych filtrów eliptycznych (Cauera) 7-rzędowy i filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 30 MHz dla odbioru z próbkowaniem cząstkowym do 150 MHz (zalecany dodatkowy przedwzmacniacz i filtr pasmowy). Częstotliwości graniczne filtrów: 30, 12, 4,8, 1,2, 0,7, 0,3 i 0,12 MHz.					
Wymiary: 110 x 55 x 24 mm					
Masa: 160 g					
Wyposażenie dod.: konwertery na pasma 50 – 52, 70 – 72 i 144 – 146 MHz z wyjściem 28 – 30 MHz					
Programy odbiorcze: Windows, RadioJet, Rocky 3.6, Winrad, HDSDR (dawniej Winrad HD), PowerSDR, SoDiRa i kompatybilne z Softrock40 (wymagania: obróbka sygnałów I/Q i sterowanie syntezerą Si570, ew. za pomocą dodatkowej biblioteki dll); Linuks, Quisk; Mac, DSPRadio					

### 3. Odbiorniki firmy „Expert Electronics”

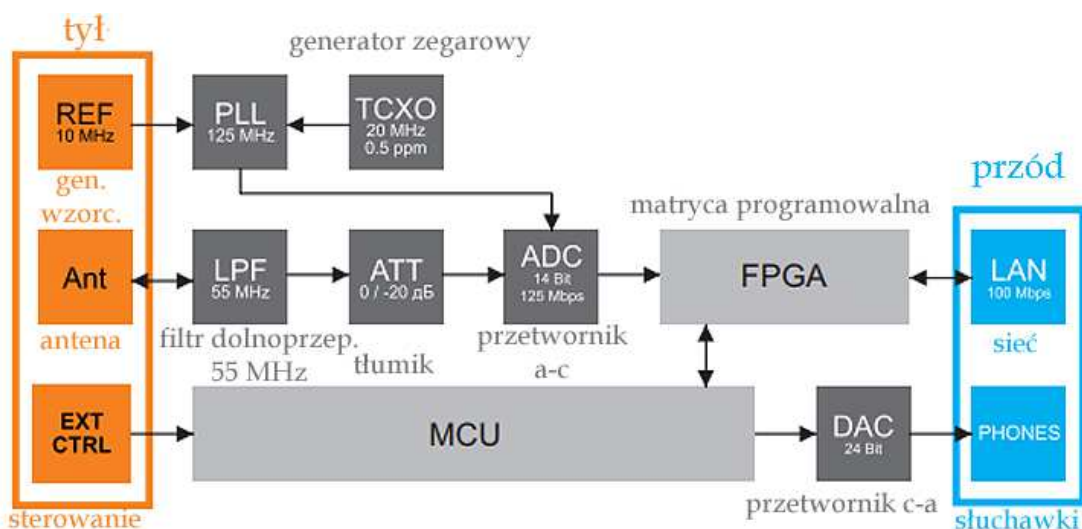
#### 3.1. „Colibri SDR”

„Colibri SDR” jest odbiornikiem z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową (ang. *direct down conversion, DDC*). Pokrywa on zakres 10 kHz – 55 MHz i jest wyposażony w 14-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy (a-c) pracujący z częstotliwością próbkowania 125 MHz. Przy wykorzystaniu próbkowania harmonicznego i odpowiedniego filtra wejściowego możliwy jest odbiór teoretycznie w zakresie do 800 MHz (oczywiście przy obniżonej czułości i bez dostatecznej filtracji sygnałów lustrzanych), a praktycznie do górnej granicy radiowego pasma UKF. Standardowo „Colibri” posiada na wejściu jedynie filtr dolnoprzepustowy 55 MHz – co w praktyce jest niewystarczające – i (włączany w miarę potrzeby) tłumik 20 dB. Kvarcowy generator zegarowy może być zsynchronizowany przez doprowadzony sygnał 10 MHz w celu uzyskania większej dokładności i stabilności.

Sygnał wyjściowy z przetwornika a-c jest podawany na programowalną matrycę logiczną FPGA, skąd po selekcji próbek (ang. *decimation*, niem. *f Dezimierung*) dane przez złącze ethernetowe docierają do komputera. Oprócz tego odbiornik posiada analogowe wyjście do podłączenia słuchawek albo głośnika. Jego sygnał wyjściowy o niewielkim opóźnieniu pochodzi z 24-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego (c-a).

Złącze ethernetowe pozwala nie tylko na bezpośrednie połączenie odbiornika z komputerem (nie potrzeba żadnych dodatkowych sterowników), ale również na dostęp do niego w sieci lokalnej, a nawet przez Internet. Adres w sieci lokalnej jest pobierany z serwera DHCP. Przeznaczony do jego obsługi program „ExpertSDR2” (dla Windows i Linuksa) pozwala na przedstawienie na ekranie nawet pełnego widma o szerokości 62,5 MHz. W jego ramach można korzystać z dwóch niezależnych odbiorników o szerokościach podzakresów 312 kHz. Program demoduluje modulacje SSB (USB, LSB), DSB, AM, FM, CW i udostępnia strumień danych I i Q – za pośrednictwem Virtual Audio Cable, VAC – innym programom dekodującym emisje cyfrowe, cyfrową radiofonie DRM itp. Może on też współpracować z ogólnie dostępnymi programami odbiorczymi SDR#, HDSDR i z wielokanałowymi dekoderni CW-Skimmer i RTTY-Skimmer.

„Colibri” posiada również złącze do sterowania urządzeniami dodatkowymi takimi jak filtry pasmowe albo przełączniki anten. W ramach akcesoriów dodatkowych dostępny jest zestaw filtrów pasmowych 3 rzędu o charakterystyce Czebyszewa (filtr na najniższy podzakres – 7 rzędu).



Rys. 3.1.1. Schemat blokowy „Colibri”



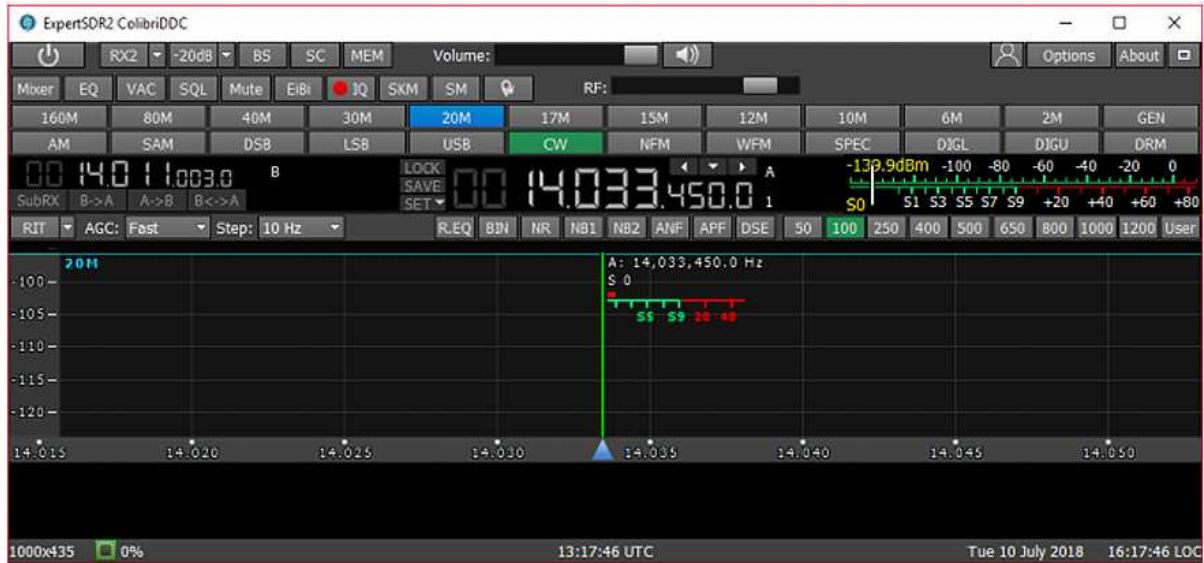
Tabela 3.1.1

Najważniejsze parametry techniczne odbiornika

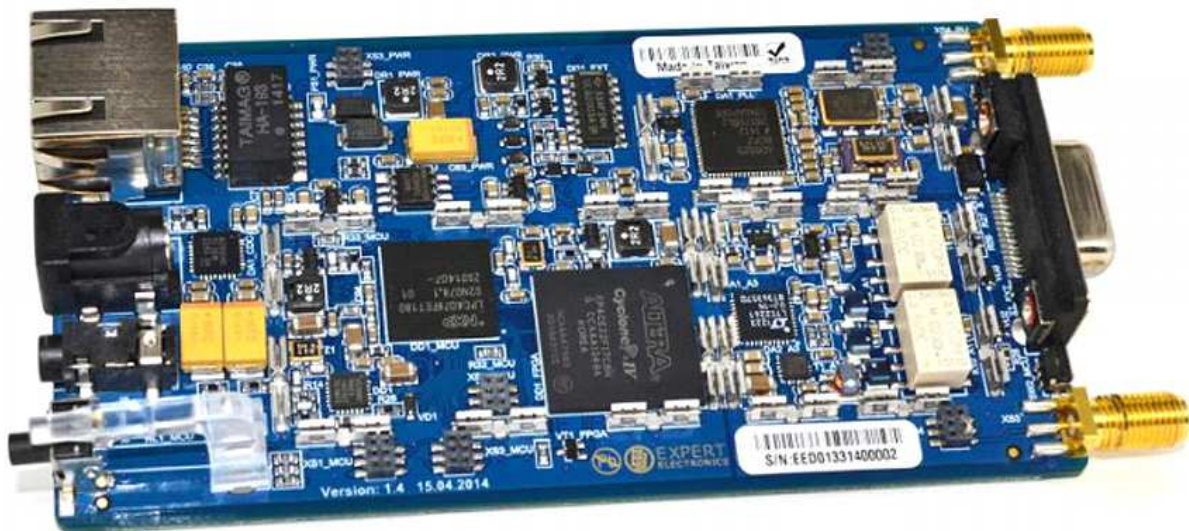
Zakres odbioru	10 kHz – 55 MHz
Czułość	0,3 $\mu$ V
Wyświetlane widmo panoramiczne	62,5 MHz
Liczba niezależnych odbiorników	2
Szerokości wyświetlanych podzakresów dla każdego z odbiorników	39, 78, 156, 312 kHz
Przetwornik a-c	LTC2261-14, 14 bitów, 125 MHz
Przetwornik c-a	24 bity
Dynamiczny zakres ograniczony blokowaniem odbiornika	110 dB
Zakres dynamiki modulacji skróśnej trzeciego rzędu ( <i>IMD3</i> )	90 dB
Tłumienie składowych lustrzanych I/Q	> 110 dB
Generator sterujący TCXO	20 MHz, +/- 0,5 x 10 <sup>-6</sup>
Wejście sygnału wzorcowego	10 MHz, 2,5 – 3,3 V
Tłumik	0 dB, 20 dB
Obwody wejściowe	Filtr dolnoprzepust. 55 MHz
Wyjście m.cz.	30 mW, 32 $\Omega$
Napięcie zasilania	5 V, +/-10%
Pobór prądu	maks. 640 mA
Pobór mocy	maks. 3,2 W
Sieć LAN	RJ-45, 10/100/1000 MB/s, MDI/MDI-X
IPV4	Klient i serwer DHCP, statyczny adres IP
Wymiary	64 x 24 x 112 mm
Masa	300 g
Zakres temperatur pracy	0 – 50 °C



Fot. 3.1.2. Odbiornik z akcesoriami



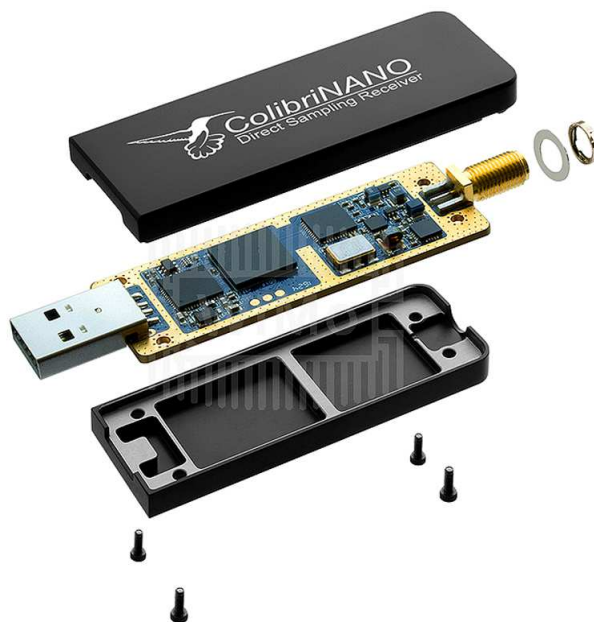
Fot. 3.1.3. Okno główne programu „ExpertSDR2”



Fot. 3.1.4. Konstrukcja odbiornika

### 3.2. „Colibri-Nano SDR”

Odbiornik „Colibri Nano” z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową ma wielkość zwykłego paluszka USB, a więc znaną z podłączanych do gniazd USB pamięci, modemów itp. Podobnie jak model poprzedni pokrywa on zakres 10 kHz – 55 MHz i jest wyposażony w 14-bitowy przetwornik a-c pracujący z częstotliwością próbkowania 122 MHz. Przy wykorzystaniu próbkowania harmonicznego górna granica odbioru zmienia się na 500 MHz, ale przy obniżonych parametrach odbiornika. Wzmocnienie przedwzmacniacza i tłumienie są regulowane w zakresie -31,5 – +6 dB z krokiem 0,5 dB. Odbiornik charakteryzuje się niskim poziomem szumów -127 – -131 dBm i czułością 0.05  $\mu$ V.



Fot. 3.2.1. Odbiornik „Colibri NANO” jest zamknięty w obudowie metalowej (zdjęcie: Wimo)

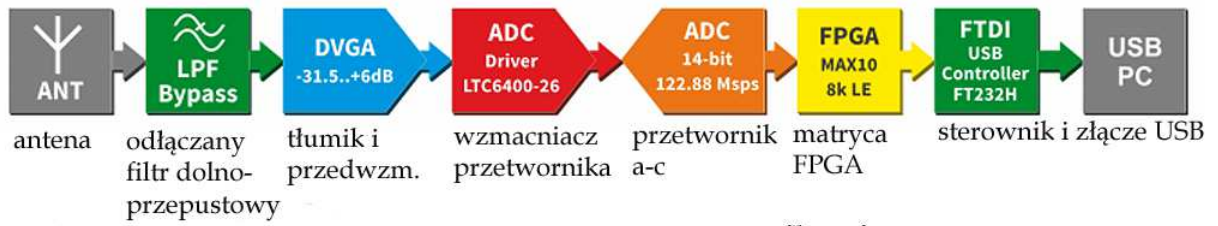
„Colibri Nano” może być połączony z komputerem bezpośrednio przez złącze USB lub też można korzystać z niego zdalnie w oparciu o „Malińkę” albo inny komputer podobnej klasy. Do dekodowania emisji cyfrowych przy użyciu dodatkowych programów służy połączenie programowe za pomocą VAC. Do obsługi stosowany jest tak samo jak dla modelu opisanego powyżej „Expert SDR2”.

Tabela 3.2.1

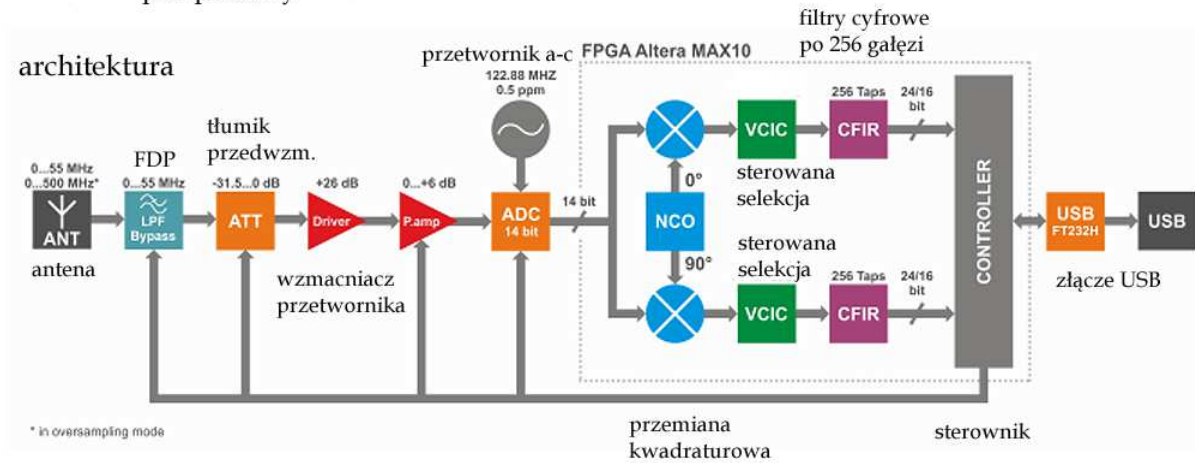
Najważniejsze parametry techniczne odbiornika

Zakres odbioru	10 kHz – 55 MHz
Czułość	0,05 $\mu$ V
Poziom szumów własnych	-127 – -131 dBm
Wyświetlane widmo	48 – 3072 kHz
Szerokości wyświetlanych podzakresów	48, 96, 192, 384, 768, 1536, 1920, 2560, 3072 kHz
Przetwornik a-c	ADS4145, 14 bitów, 122,88 MHz
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem	110 dB
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną	104
Zakres dynamiki modulacji skróśnej trzeciego rzędu ( <i>IMD3</i> )	95 dB
Częstotliwość i stabilność generatora sterującego TCXO	122,88 MHz, +/- 0,5 x 10 <sup>-6</sup>
Tłumik i przedwzmacniacz	-31,5 – +6 dB, kroki 0,5 dB
Obwody wejściowe	Filtr dolnoprzepust. 55 MHz
Dekodowane emisje	LSB / USB / DSB / AM / synchr. AM / NBFM, FM
Napięcie zasilania	5 V, +/-10%
Pobór prądu	maks. 410 mA
Pobór mocy	maks. 2,02 W
Złącze danych i zasilania	USB 2.0
Gniazdko antenowe	SMA
Wymiary	90 x 25 x 17 mm
Masa	43 g
Zakres temperatur pracy	-10 – +60 °C

schemat blokowy



architektura



Rys. 3.2.2. Schemat blokowy i architektura odbiornika

## 4. Odbiorniki „Tecsun”

### 4.1. „Tecsun PL-880”

W odróżnieniu od klasycznych rozwiązań odbiorników globalnych PL-880 zawiera procesor sygnałowy Si4734 firmy SiLabs ([www.silabs.com](http://www.silabs.com)) pracujący na trzeciej częstotliwości pośredniej (45 kHz). Jego zadaniem jest filtracja i demodulacja odbieranych sygnałów. PL-880 nie należy więc również do odbiorników z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową, a stanowi rozwiązanie pośrednie.

PL-880 pokrywa zakresy fal długich, średnich i krótkich 100 kHz – 30 MHz oraz UKF 64 – 108 MHz. Na falach długich, średnich i krótkich pracuje on z potrójną przemianą częstotliwości z p.cz. 55,585 MHz, 10,7 MHz i 45 kHz.

Procesor sygnałowy demoduluje emisje AM, FM i SSB z możliwością wyboru wstęgi dolnej (LSB) lub górnej (USB). Przy odbiorze emisji SSB/CW i cyfrowych użytkownik ma do wyboru szerokości przenoszonego pasma p.cz. 0,5 kHz, 1,2 kHz, 2,3 kHz, 3,0 kHz i 4,0 kHz. Natomiast przy odbiorze AM są to 2,3 kHz, 3,5 kHz, 5,0 kHz i 9,0 kHz. Oprócz detektora obwiedni do dyspozycji jest też detektor synchroniczny AM z możliwością wyboru wstęgi, co w trudnych warunkach odbioru może oddać cenne usługi (w PL-880 dźwięk jest niestety bardziej zniekształcony niż przy detektorze obwiedni i ma węższy zakres częstotliwości – a więc rozwiązanie detektora nie jest całkowicie udane). Krok strojenia w zakresie AM wynosi 1 kHz, 5 kHz (KF) i 9 kHz (fale dł./śr.).

Przy odbiorze UKF szerokość pasma jest niezmienna 110 kHz, a kroki strojenia 100 i 10 kHz. PL-880 jest też wyposażony w dekodery RDS.

Odbiornik posiada dwie gałki strojenia: zgrubnego i precyzyjnego i 3050 komórek pamięci kanałów. Obudowa odbiornika ma wymiary 192 x 33 x 113 mm, a jego masa wynosi 521 g. W skład standardowego wyposażenia wchodzi akumulatory litowo-jonowy o pojemności 2000 lub 2900 mAh (zależnie od dystrybutora). Do jego ładowania służy gniazdko USB.



Rys. 4.1.1. PL-880

Oprócz oficjalnie opisanychh w instrukcji funkcji PL-880 posiada także pewną liczbę funkcji „nieoficjalnych” (ukrytych), i wśród nich m.in. możliwość włączenia synchronicznego detektora AM. Spisy tych ukrytych funkcji, sposobów ich wywołania i ich działania można stosunkowo łatwo znaleźć w Internecie. Zestawy funkcji obydwu kategorii zależą od wersji oprogramowania, dlatego też nie warto ich tutaj przytaczać. Do najbardziej przydatnych należą regulacja progu wyciszania przy odbiorze słabych sygnałów (wywoływana przez dłuższe naciśnięcie klawisza „9”, poziom jest regulowany gałką strojenia), i włączanie detektora synchronicznego przez dłuższe naciśnięcie klawisza „USB” lub „LSB”. Ponowne dłuższe naciśnięcie jednego z tych klawiszy powoduje wyłączenie detektora. Po włączeniu detektora synchronicznego można korzystać tylko z wyboru szerokości pasma SSB, co w praktyce oznacza głównie rezygnację z pasma o szerokości 9 kHz i zastąpienie pasma 5 kHz przez 4 kHz.

Tabela 4.1.1  
Najważniejsze parametry PL-880

Zakresy odbioru UKF	87 – 108 MHz (87,5 – 108 MHz) 76 – 108 MHz 64 – 108 MHz
Zakres odbioru AM	ciągły 100 kHz – 29,999 MHz, w nim wyróżnione fale średnie 522 – 1620 kHz lub 520 – 1710 kHz (krok strojenia 1 i 9 lub 10 kHz) fale długie 100 – 519 kHz) krok strojenia 1 i 9 kHz)ö fale krótkie 1711 – 29999 kHz (krok strojenia 1 i 5 kHz, dla SSB 10 Hz)
Czułość UKF (odst. Sygna./szum 30 dB) fale średnie (odst. 26 dB) fale długie (odst. 26 dB) krótkie (odst. 26 dB) SSB (odst. 10 dB)	> 3 µV > 1 mV/m > 3 mV/m > 20 µV > 1 µV
Selektywność UKF fale długie i średnie fale krótkie SSB	> 60 dB (+/- 150 kHz) > 50 dB (+/- 9 kHz) > 50 dB (+/- 9 kHz) > 50 dB (+/- 2,3 kHz)
Częstotliwości pośrednie AM i SSB	1. 55,585 MHz 2. 10,7 MHz 3. 45 kHz
Szerokości pasma: UKF/FM AM SSB	128 kHz 9/5/3,5/2,3 kHz 4/3/2,3/1,2/0,5 kHz
Pamięci	3050
Podział pamięci	Na stronie 0 dla UKF, ŚR, DŁ, SSB po 100 komórek na stronach 1 – 24 po 100 komórek (razem 2400)
Gniazdzka	Słuchawkowe 3,5 mm (na UKF – stereofoniczne USB do ładowania akumulatorka (5 V, 300 mA) Antenowe 3,5 mm dla anteny KF Liniowe 3,5 mm stereofoniczne, 300 mV na 3 kΩ Zasilanie z akumulatorka lub gniazdzka USB
Wymiary	192 x 113 x 33 mm
Masa	ok. 521 g bez akumulatorka

#### 4.2. „XHDATA D-808”

Możliwości podobne do Tecsuny PL-880 oferuje także przenośny odbiornik D-808 firmy XHDATA. Nie jest on jednak wyposażony w trzystopniowy tłumik wejściowy jak PL-880, ale posiada za to dodatkowo zakres lotniczy.



Fot. 4.2.1. D-808

## 5. Odbiorniki różne

### 5.1. „Kiwi SDR”

Odbiornik „Kiwi SDR” jest dostępny w postaci częściowo zmontowanego i nie wymagającego lutowania zestawu do własnej konstrukcji. Jest on przeznaczony do użytku w sieci lokalnej (przez kabel ethernetowy lub WiFi) albo zdalnie przez Internet i dlatego do pracy wymaga minikomputera klasy „Maliny” – „BeagleBone”. Oprogramowanie zawiera serwer http, dlatego też do obsługi „Kiwi SDR” wystarczy przeglądarka internetowa (Chrome, Opera, Firefox, Safari, Edge itp., ale nie Internet Explorer). Zdęte stają się wszelkiego rodzaju dodatkowe sterowniki. Zakres odbioru rozciąga się od 10 kHz do 30 MHz, przy czym „Kiwi SDR” nie jest wyposażony w żadne filtry pasmowe, a jedynie w filtr dolnoprzepustowy 30MHz (FDP) na wejściu. Oprócz tego posiada on przedwzmacniacz o wzmacnieniu 20 dB. Szerokości wyświetlanego pasma leżą w zakresie 29 kHz – 30 MHz.

Oprogramowanie minikomputera jest dostępne bezpłatnie w witrynie producenta [kiwisdr.com](http://kiwisdr.com). W skład zestawu oprócz odbiornika wchodzi minikomputer, moduł pamięci z oprogramowaniem, antena GPS i elementy obudowy. Odbiór GPS zapewnia synchronizację czasu i kalibrację częstotliwości. Z dostępu internetowego lub w sieci lokalnej może korzystać równolegle 4 użytkowników. Dostęp przez Internet wymaga zarejestrowania się i jednego z operatorów DNS j.np. noip ([www.noip.com](http://www.noip.com)), dyn-dns itp. Połączenie odbiornika poprzez sieć pozwala na umieszczenie go w miejscu dogodnym do odbioru, gdzie poziom zakłóceń jest niższy niż w okolicach komputera. Wykorzystanie przeglądarki internetowej z kolei uniezależnia od systemu operacyjnego komputera, ponieważ dla każdego z obecnie używanych istnieją odpowiednie przeglądarki internetowe. Przed publicznym udostępnieniem odbiornika konieczna jest rejestracja na stronie <http://sdr.hu/register>. Jest ona zbędna przy wykorzystaniu go jedynie do użytku prywatnego.

Odbiornik i minikomputer są zasilane napięciem 5 V. Pobór prądu wynosi 2 A. Przy doborze zasilacza należy sprawdzić czy nie powoduje on zakłóceń w odbiorze. Przeprowadzone w ramach testów porównania z odbiornikiem „Perseus” wykazały lekką przewagę tego ostatniego. „Kiwi” nie jest też wyposażony w eliminatory szumów i zakłóceń, filtry zaporowe, przełączany przedwzmacniacz i tłumik.

Odbiornik pracuje w układzie bezpośredniej przemiany analogowo-cyfrowej i wykorzystano w nim 14-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy LTC2248 pracujący z częstotliwością zegarową 65 MHz. Dalszy ciąg układu jest zrealizowany na programowalnej matrycy FPGA Artix 7A35 firmy Xilinx.



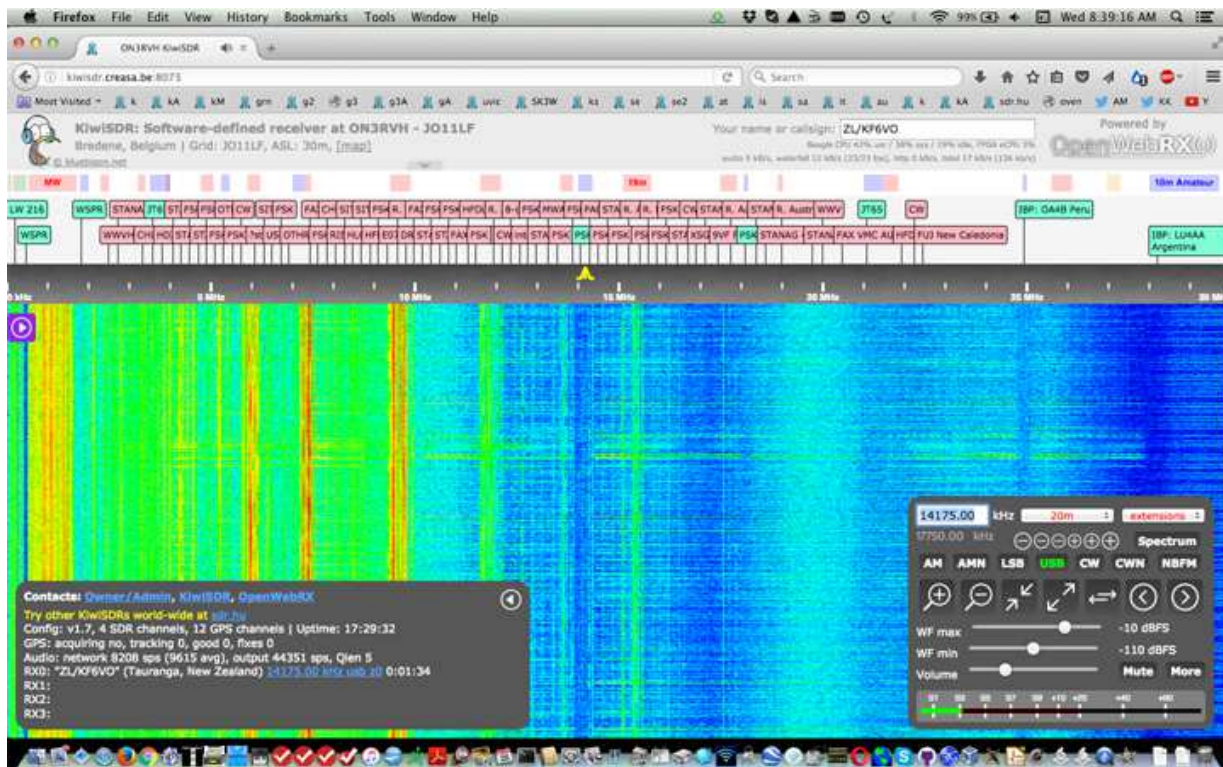
Fot. 5.1.1. Odbiornik we wspólnej obudowie z minikomputerem (zdjęcie: Wimo)

Odbiornik ma wymiary 124 x 83 x 34 mm i masę 0,4 kg.



Wśród licznych możliwości oprogramowanie „Kiwi” zawiera dekodery WSPR co pozwala (odbiorczo) na ocenę warunków propagacji, a w ramach rozszerzeń dostępny jest też dekodery faksymile map pogody – WEFAX.

Niestety generator zegarowy „Kiwi” wytwarza na swojej 3 harmonicznej zakłócenia w paśmie 2 m. Zdaniem niektórych użytkowników jakość dźwięku jest niezadowalająca dla odbioru radiofonii.



Fot. 5.1.2. Widmo odbieranych sygnałów w oknie przeglądarki. Demodulowane są emisje AM, SSB (USB, LSB), CW i NBFM

## 5.2. „Airsy HF+”

„Airsy HF” pracuje w zakresach 9 kHz – 31 MHz i 60 – 260 MHz. Jest to odbiornik homodynowy o zerowej częstotliwości pośredniej. Oznacza to, że odebrany sygnał w.cz. podlega przemianie bezpośrednio na niskie częstotliwości akustyczne. Odbiornik jest wyposażony w trzy analogowe stopnie przemiany z przestrajnymi filtrami wejściowymi oraz z filtrami zestrojonymi na stałą częstotliwość. Wysokowydajny przetwornik analogowo-cyfrowy ma rozdzielczość 18 bitów, ale w transmitowanym przez złącze USB sygnale zostaje ona przeskalowana na 16 bitów. Osiągany zakres dynamiki wynosi 110 dB na falach krótkich.

Do pracy w sieci lokalnej przy wykorzystaniu „Maliny” dostępne jest dodatkowe oprogramowanie serwera – „Spyserver”. Udostępnia on użytkownikom strumienie danych I/Q.

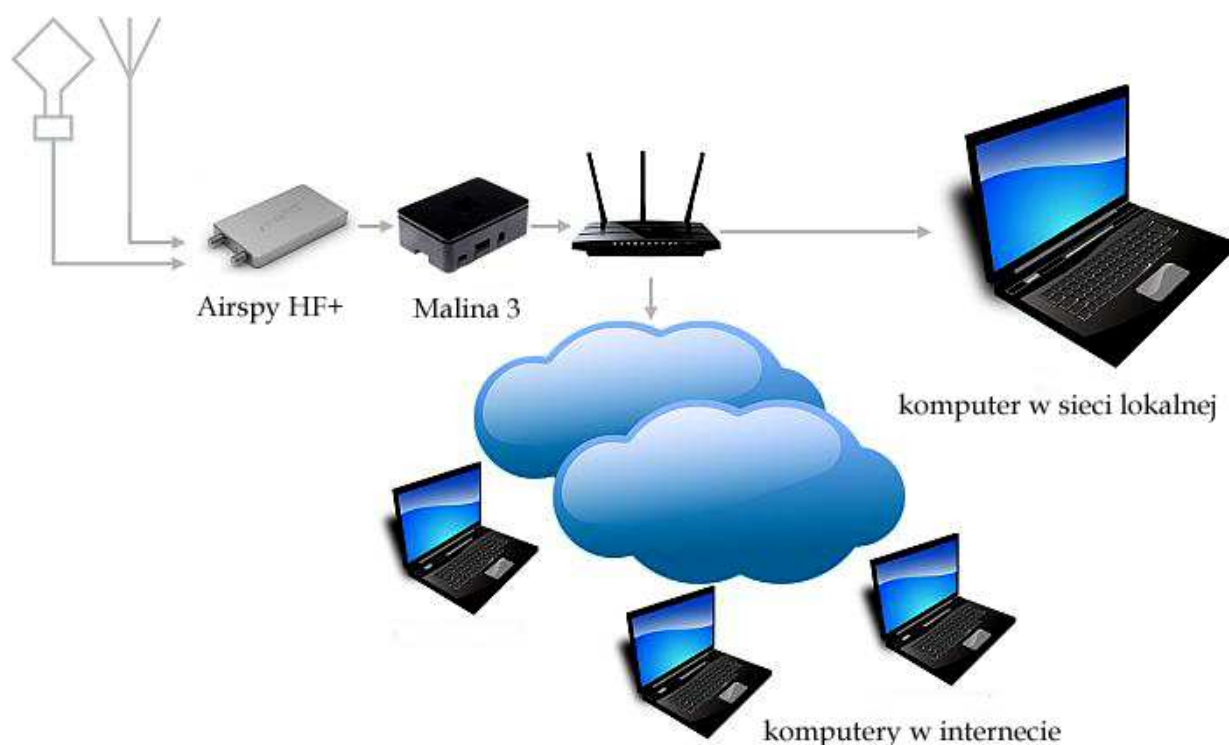
Taabela 5.2.1

Najważniejsze parametry odbiornika

Zakres odbioru KF	9 kHz – 31 MHz	
Zakres odbioru UKF	60 – 260 MHz	
Czułość	0–31 MHz @500 Hz	-140 dBm
	60–108 MHz @500 Hz	-141,5 dBm
	118–136 MHz @500 Hz	-142,5 dBm
	136–174 MHz @500 Hz	-140,5 dBm
	>175 MHz @500 Hz	-140 dBm

IP3	0–31 MHz	+15 dBm
	60–260 MHz	+13 dBm
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem	0–31 MHz	110 dB
	60–260 MHz	95 dB
Szerokości wyświetlanego widma	48, 96, 192, 384, 768 kHz (660 kHz bez sygnałów lustrzanych przemiany a-c)	
Stabilność generatora taktującego	$0,5 \times 10^{-6}$	
Gniazdka antenowe	2 x SMA (KF, UKF), 50 $\Omega$	

Odbiornik współpracuje z wieloma programami odbiorczymi jak *SDR#*, *sdr Console*, *GQRX* i innymi. Do sterowania funkcjami sprzętu dostępna jest biblioteka DLL zgodna ze standardem ExtIO.



Rys. 5.2.1. Dostęp przez sieć lokalną i Internet

### 5.3. „Airspy SDR”

Odbiornik „Airspy R2” pokrywa standardowo zakres 24 – 1800 MHz, a po dołączeniu konwertera „Spyverter R2 HF” także pasma fal długich, średnich i krótkich. Oprócz tego dostępny jest model „Airspy mini” w typowej obudowie paluszkowej jak dla modułów pamięci komputerowych USB. „Airspy R2” zawiera scaloną głowicę odbiorczą R820T2, 32-bitowy procesor ARM Cortex i 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy.

Szerokość wyświetlanego widma dochodzi do 10 MHz. Stabilność wbudowanego generatora taktującego dochodzi wprawdzie do  $\pm 0,5 \times 10^{-6}$ , ale możliwe jest też doprowadzenie sygnału odniesienia z wysokostabilnego generatora wzorcowego (rubidowego albo GPS).

„Airspy mini” zawiera podobnie jak R2 scaloną głowicę R820T2, procesor LPS4370 ARM, 12-bitowy przetwornik a/c i niskoszumny generator TCXO o stabilności  $0,5 \times 10^{-6}$ . Miniaturyzacja konstrukcji pociągnęła za sobą pewne ograniczenie funkcjonalności. Współczynniki szumów obydwu modeli wynoszą 3,5 dB.

Do obsługi odbiorników najlepiej wykorzystać *SDR#* tego samego producenta.

### 5.4. „DX-Patrol SDR”

„DX-Patrol” pokrywa dzięki dodatkowej przemianie częstotliwości pełny zakres od 100 kHz do 2 GHz. Jest on wyposażony w procesor sygnałowy RTL2832 (stosowany w większości paluszkowych odbiorników TV USB) i dzięki temu współpracuje z wieloma rozpowszechnionymi programami odbiorczymi: *SDR#*, *HSDR*, *SDR-RADIO*, *SDR Touch* (dla Androida), *GNU Radio* (dla Linuksa) itd. Konieczne jest też zainstalowanie sterownika „Zadig”. Większość z programów odbiorczych jest dostępna bezpłatnie, ale są między nimi również programy płatne.

Wybór zakresu KF lub UKF i wyższych pasm jest w modelach Mk3 i Mk4 dokonywany programowo poprzez funkcje biblioteki ExtIO.dll. Szerokości wyświetlanego na ekranie komputera pasma leżą w granicach 96 kHz – 1 MHz. Maksymalna częstotliwość próbkowania wynosi 3,2 MHz.

Połączenie tabliczkowych komputerów androidowych i telefonów z odbiornikiem odbywa się za pomocą kabla OTG, a komputerów PC (przez złącze USB 2.0) – za pomocą kabla USB z wtykiem mikro USB. Odbiornik w wersji Mk4 V1 posiada dwa gniazdko USB: gniazdko A służące do zasilania odbiornika i ewentualnego ładowania akumulatora komputera albo telefonu, i gniazdko B – do wymiany danych, a w modelu Mk4 V2 tylko jedno wspólne. W Mk4 V2 usunięto wyłącznik zasilania.

Zamknięty w aluminiowej obudowie odbiornik posiada dwa gniazdko antenowe typu SMA – oddzielnie dla fal krótkich i pozostałych zakresów.

Tabela 5.4.1

Niektóre parametry odbiornika „DX-Patrol”

Zakres odbioru	100 kHz – 2 GHz	
Zasada pracy (modele Mk 3, Mk4)	Bezpośrednia przemiana analogowo-cyfrowa	
Częstotliwość próbkowania	maks. 3,2 MHz	
Procesor sygnałowy	RTL2832	
Zasilanie	5 V, USB	
Wymiary	75 x 45 x 18 mm	
Masa	100 g	
14 MHz, CW, pasmo 500 Hz		
Poziom szumów własnych	-117 dBm	
Próg ARW	22 $\mu$ V	
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem	77 dB	
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną	76 dB	
Zakres dynamiki ograniczony modulacją skrośną 3 rzędu ( <i>IMD3</i> )	14 MHz	66 dB
	50 MHz	73 db
	144 MHz	63 dB



Fot. 5.4.1. DX-Patrol Mk4 V1

## 6. Nowoczesna radiostacja programowalna „SunSDR2”

Programowalne radiostacje i odbiorniki mają przed sobą przyszłość. Dotrzymanie przez nie kroku rozwojowi techniki wymaga przeważnie tylko aktualizacji oprogramowania, co jest znacznie łatwiejsze aniżeli modyfikacja klasycznego rozwiązania układowego. Znacznie wygodniejsza staje się też obsługa sprzętu, obserwacja sytuacji w mniej lub bardziej szerokim podzakresie wokół częstotliwości pracy i analiza odbieranych sygnałów. Jednym z nowoczesnych rozwiązań radiostacji tego typu jest „SunSDR2” rosyjskiej firmy „Expert Electronics”. Radiostacja może być zdalnie sterowana po włączeniu jej do domowej sieci komputerowej przez złącze Ethernetowe lub bezprzewodowo (WiFi).



Rys. 6.1. Ścianka przednia „SunSDR2”. Na wierzchu obudowy znajduje się radiator. Do gniazdka na tylnej ścianie podłączona jest antena WiFi

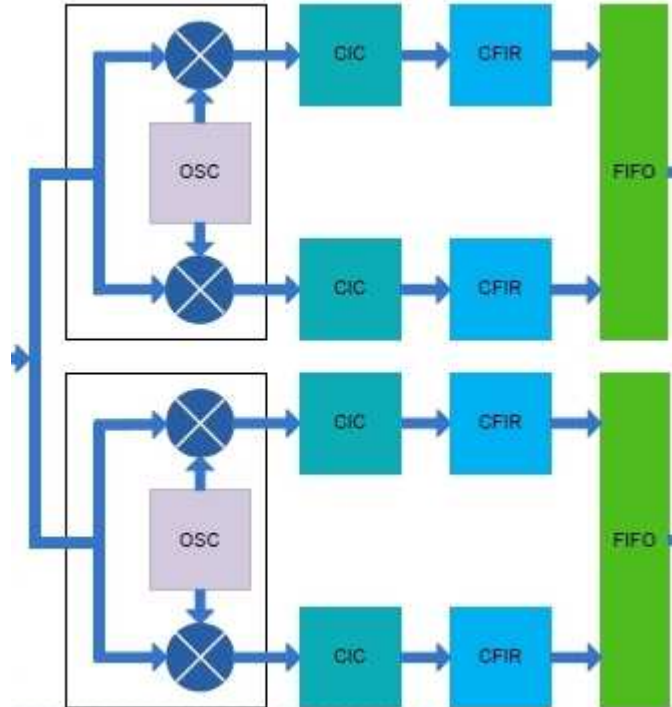
„SunSDR2” nie ustępuje w niczym znanym konstrukcjom takim jak „Zeus-1” czy „Flex-3000”. Jak wszystkie inne rozwiązania sprzętu SDR zawiera ona niezbędne układy elektroniczne odbiornika i nadajnika ale bez elementów obsługi. Urządzenie obsługiwane jest komputerowo za pomocą specjalnie do tego celu opracowanego programu „Expert SDR2”. Jak zwykle w programach tego rodzaju użytkownik ma do dyspozycji wskaźniki widma i wodospadowy (rys. 6.5).

Odbiornik „SunSDR2” pracuje na zasadzie bezpośredniej przemiany analogowo-cyfrowej (ang. *DDC*) z częstotliwością próbkowania 160 MHz i rozdzielczością 16 bitów. Pokrywa on zakresy 1 – 65 MHz i 95 – 148 MHz, a więc wszystkie amatorskie pasma krótkofalowe oraz pasma 6 i 2 m.

W nadajniku zastosowano bezpośrednią cyfrową przemianę w górę (ang. *DUC*) z częstotliwością próbkowania 640 MHz i rozdzielczością 14 bitów. W standardowej konfiguracji nadajnik pracuje jedynie w pasmach amatorskich. Możliwe jest jednak odblokowanie nadajnika w konfiguracji programu sterującego, co pozwala np. na dostosowanie „SunSDR2” do pracy w paśmie 70 MHz – po podłączeniu filtra wejściowego i wzmacniacza mocy do gniazd dla transwertera. Szczegółowy opis modyfikacji znajduje się na internetowej stronie producenta.

Sercem odbiornika jest obwód scalony LTM9001CV-BA zawierający odbiorczy przetwornik analogowo-cyfrowy i wzmacniacz operacyjny o wzmacnieniu 20 dB. W zakresie KF sygnał z anteny jest podawany na jego wejście przez przełącznik antenowy służący do wyboru jednej z dwóch anten krótkofalowych oraz ewentualnie przez tłumik o tłumieniu 20 dB albo wzmacniacz w.cz. o wzmacnieniu 12 dB i zestaw 9 suboktawowych filtrów dolnoprzepustowych pokrywających pełny zakres odbioru. Oprócz tego odbiornik posiada dodatkowy filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 65 MHz używany do odbioru panoramicznego (jednocześnie w pełnym zakresie) albo do odbioru w dwóch różnych podzakresach KF. W zakresie UKF sygnał z anteny przechodzi przez przełączany tłumik 20 dB lub przedwzmacniacz 26 dB i jeden z filtrów pasmowych: na pasmo 144 – 148 MHz lub na pełny zakres 95 – 148 MHz.

Dalsza obróbka sygnału cyfrowego odbywa się w programowalnej matrycy logicznej (FPGA) typu EP3C25E144. Zawiera ona dwa niezależne programowe odbiorniki homodynowe składające się z heterodyn, kompletu mieszaczy kwadraturowych, kompletu cyfrowych filtrów dolnoprzepustowych (kaskadowych CIC i o skończonej odpowiedzi impulsowej CFIR) i buforów danych FIFO (rys. 6.2). Służą one do wyłowienia próbek odpowiadających pożądanemu podzakresowi z ich kompletnego ciągu.



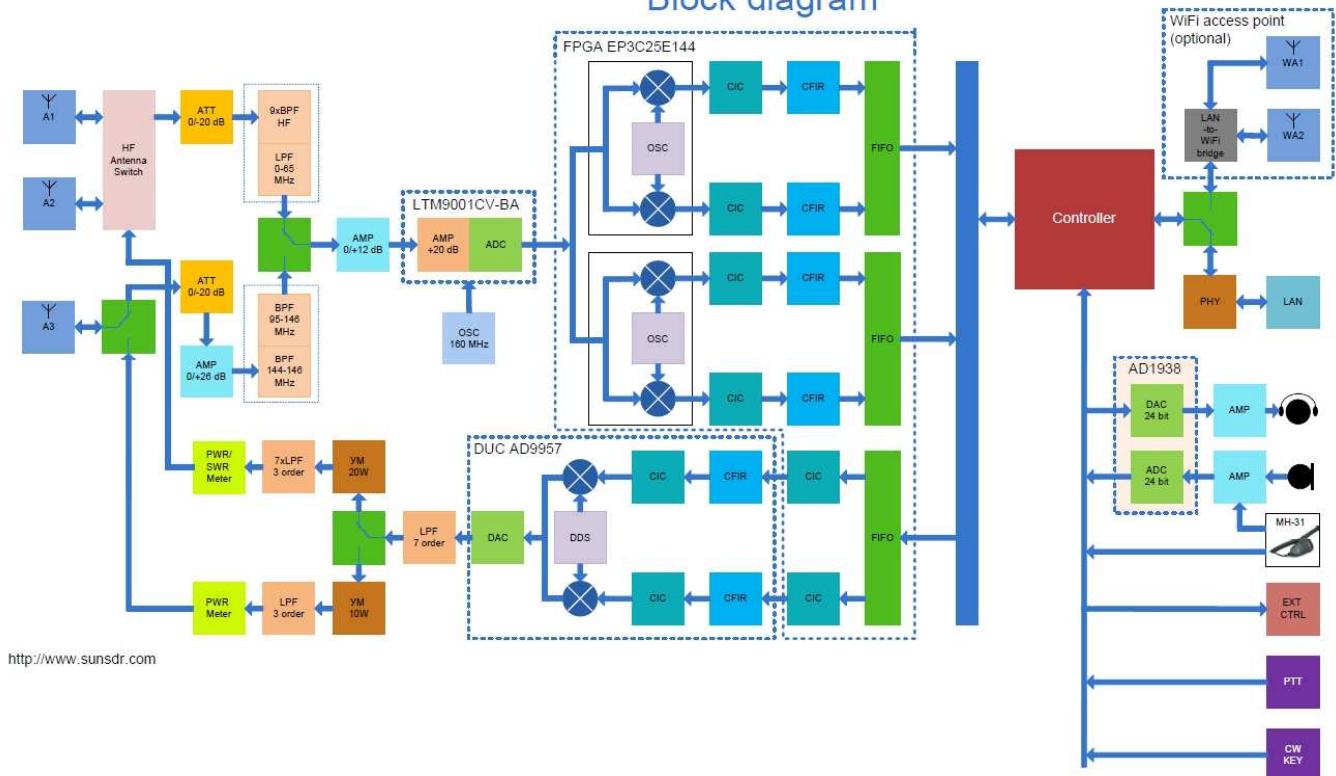
Rys. 6.2. Schemat blokowy pary odbiorników realizowanych przez program zawarty w FPGA

Dane przekazywane są następnie do mikrokontrolera Cortex-M3, a z niego za pośrednictwem złącza sieciowych do komputera PC, gdzie są dalej przetwarzane przez program „Expert SDR2”. Dodatkowo mogą być one też podawane na 24-bitowy przetwornik C/A i po wzmacnieniu – na słuchawki, podłączone do gniazdka na przedniej ścianie radiostacji. Jeden z odbiorników może więc służyć do odbioru przez komputer, a drugi – do odbioru słuchawkowego. Mogą one być dostrojone do dwóch różnych podzakresów, pod warunkiem, że oba będą leżały w tym samym głównym zakresie pracy (KF lub UKF). „SunSDR2” może być połączony z komputerem bezpośrednio albo za pośrednictwem modemu internetowego (ang. *router*), radiowo albo kablowo. Połączenie radiowe wymaga zainstalowania w radiostacji opcjonalnego modułu WiFi. Zależnie od konfiguracji połączenia moduł musi pracować w trybie klienta sieciowego albo, dla połączenia bezpośredniego – w trybie AP.

W torze nadawczym sygnał pochodzący z komputera (z podłączonego do niego mikrofonu lub programu terminalowego dla emisji cyfrowych) albo z mikrofonu podłączonego do jednego z dwóch gniazd na ścianie przedniej radiostacji jest podawany, po przetworzeniu na postać cyfrową w 24-bitowym przetworniku A/C, przez mikrokontroler i zestaw cyfrowych filtrów dolnoprzepustowych na cyfrowy mieszacz kwadraturowy z syntezerem DDS i przetwornik cyfrowo-analogowy zawarte w obwodzie AD9957. Otrzymany na jego wyjściu sygnał analogowy jest podawany przez filtr dolnoprzepustowy na jeden ze wzmacniaczy mocy (KF lub UKF), a z nich poprzez dalsze filtry dolnoprzepustowe i przełączniki antenowe nadawanie-odbiór docierają do wybranej anteny. Wzmacniacz mocy dla fal krótkich pracuje na dwóch tranzystorach RD16HHF w układzie przeciwobnym w klasie AB (z prądem spoczynkowym 1,2 A), natomiast dla pasma 2 m – na hybrydowym układzie RA08H1317M firmy Mitsubishi dostarczającym mocy wyjściowej 10 W w zakresie 135–170 MHz. Tor nadawczy jest całkowicie niezależny od odbiorczego i wyposażony nawet w osobny generator nośnej, dzięki czemu możliwa jest również praca dupleksowa. Odbiornik jest połączony wówczas na stałe z jednym z gniazd antenowych KF a nadajnik – z drugim.

Na przedniej ścianie radiostacji znajdują się dwa gniazda do podłączenia mikrofonu – oddzielnie dla mikrofonów dynamicznych i elektretowych. Do gniazda słuchawkowego można podłączyć zarówno słuchawki nisko- jak i wysookomowe.

## HF/VHF DUC/DDC SunSDR2 transceiver Block diagram



Rys. 6.3. Pełny schemat blokowy radiostacji „SunSDR2”

Schemat blokowy obrazujący zasadę pracy radiostacji przedstawia rys. 6.3. Analizując go trzeba pamiętać, że bloki po jego prawej i lewej stronie odpowiadają opisanym na nich fragmentom układu elektrycznego, natomiast bloki w jego środku symbolizują funkcje programu zawartego w matrycy programowalnej FPGA.

Na tylnej ścianie znajdują się oprócz gniazda zasilania gniazdko antenowe BNC „A1” – „A3” i SMA do podłączenia transwertera, gniazdo sieciowe LAN, dwa gniazdko dla anten WiFi, gniazdko dla przełącznika nadawanie-odbiór, dla klucza telegraficznego, gniazdko wejściowe dla częstotliwości wzorcowej 10 MHz i gniazdko zdalnego sterowania dodatkowych wzmacniaczy mocy, przełączników antenowych, obrotnic itp. (rys. 6.4).

Autorzy opublikowanych dotąd testów zwracają uwagę na solidne i profesjonalne wykonanie obudowy i konstrukcji wewnętrznej.

Aktualne wersje programu „Expert SDR2” i oprogramowania dla matrycy FPGA są dostępne w witrynie producenta, a ich instalacja zarówno w środowisku Windows 7 jak i 8.1 przebiega bezproblemowo. Połączenie odbiornika z siecią lokalną wymaga zastąpienia podanego w konfiguracji domyślnego adresu IP przez rzeczywisty. „Expert SDR2” automatycznie aktualizuje oprogramowanie FPGA w miarę pojawiania się nowych wersji.

W trakcie próbnych łączności okazało się, że opóźnienia związane z cyfrową obróbką sygnału i jego transmisją w sieci lokalnej mogą dochodzić do 1/4 sekundy, co w zwykłych łącznościach nie ma większego znaczenia ale w trakcie szybkiej pracy w zawodach może stanowić pewną niedogodność.

„Expert SDR2” może współpracować z programami prowadzącymi dzienniki zawodów dzięki wyposażeniu go w złącze CAT emulujące radiostację TS-480 Kenwooda i z programami terminalowymi dla emisji cyfrowych (MultiPSK, MTTY, CW Skimmer itp.) za pośrednictwem „Virtual Audio Cable” (VAC) lub podobnych rozwiązań. Wymaga on jednak stosunkowo nowego i wydajnego komputera PC.



Rys. 6.4. Gniazda na tylnej ścianie

Fakt, że nadążanie przez odbiorniki programowalne za rozwojem radiotechniki i nowymi potrzebami jest sprawą stosunkowo prostą jest zasadniczo dobrze znany – przeważnie wystarczy jedynie wymiana oprogramowania na nowszą wersję. Odwrotną stroną medalu jest jednak konieczność nadążania przez nie za rozwojem techniki komputerowej – dostosowywaniem się do nowych wersji systemów operacyjnych i rozwiązań komputerów. O ile wymaganiom tym mogą sprostać renomowane firmy o ustabilizowanej pozycji na rynku (niestety nie produkują one przeważnie sprzętu SDR, wyjątkiem jest Icom), o tyle to, czy małe innowacyjne firmy utrzymają się dostatecznie długo na rynku, żeby wydatki na sprzęt okazały się opłacalne, nie jest sprawą z góry przesądzoną.



Rys. 6.5. Okno główne programu sterującego

Tabela 6.1

Najważniejsze parametry techniczne

Zakresy pracy odbiornika	1 – 65 i 95 – 148 MHz
Zakresy nadawania	pasma KF, 6 m, 2 m
Czułość odbiornika	0,07 $\mu$ V
Moc wyjściowa	20 W na KF i 6 m, przy 15 V zasilania 10 W na 2 m, przy 15 V zasilania
Napięcie zasilania	12 – 16 V
Pobór prądu	poniżej 5 A
Przetwornik A/C (odbiorczy)	160 MHz/16 bitów
Przetwornik C/A (nadawczy)	640 MHz/14 bitów
Zakres dynamiki odbiornika KF	> 119 dB
Zakres dynamiki odbiornika UKF	> 114 dB
Kodek fonii	192 kHz/24 bit
Połączenia sieciowe LAN/WAN	Ethernet 100 MB/s, WiFi 802.11 g/n
Gniazda antenowe	2 dla KF/6m, 1 dla UKF, gniazdo wejściowe i wyjściowe dla transwerterów
Wymiary	165 x 165 x 35 mm
Masa	1 kg

### Dostosowanie „SunSDR2” do pracy w paśmie 70 MHz

„SunSDR2” można wg producenta stosunkowo niewielkim wysiłkiem przystosować do pracy w paśmie 70 MHz. Do połączenia z pasmowym filtrem odbiorczym i dodatkowym stopniem mocy wykorzystywane są odpowiednio wejście ADC\_IN i wyjście DAC\_OUT, a antena jest przełączana za pomocą dodatkowego przekaźnika sterowanego sygnałem X7 z gniazda „EXT CTRL” na tylnej ścianie (rys. 6.6). Połączenie ADC\_IN i DAC\_OUT z gniazdami SMA umieszczonymi na tylnej ścianie uzyskuje się przez zmianę konfiguracji (menu „Device” | „Options”) jak to pokazano na ilustracji 6.7.

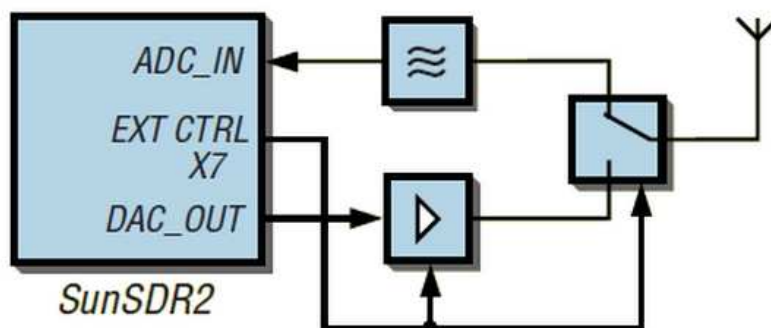
Do pracy w paśmie 70 MHz nie można korzystać ani ze zwykłych gniazd antenowych A1 – A3 ani z wbudowanego wzmacniacza mocy.

W obecnej wersji *ExpertSDR2* pozwala jedynie na odbiór w tym zakresie, a odblokowanie nadajnika (ogólnie dla pełnego pasma) wymaga modyfikacji pliku *options.ini*. Po otwarciu go w dowolnym edytorze ASCII np. w *Notatniku* należy linię

*GenTX = false*

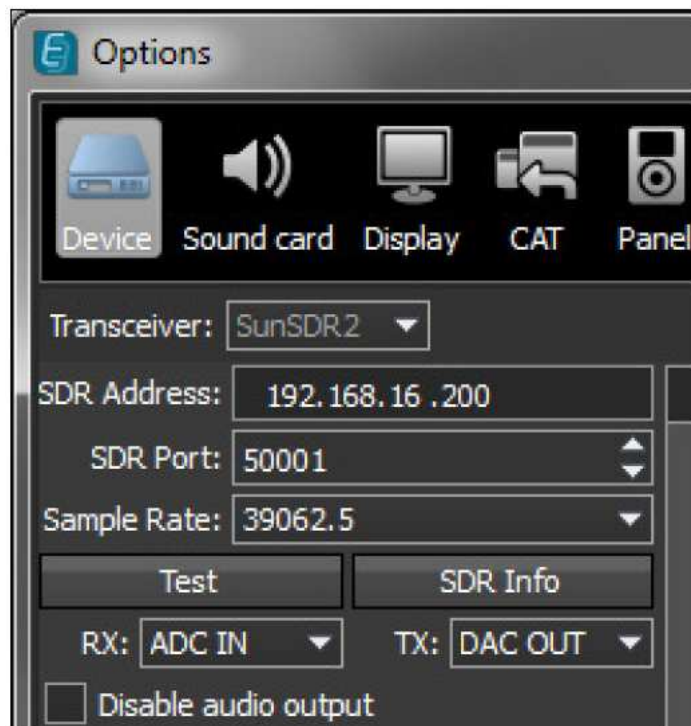
zastąpić przez

*GenTX = true*



Rys. 6.6. Połączenia do pracy w paśmie 70 MHz





Fot. 6.7. Dopasowanie konfiguracji



Rys. 6.8. Sposoby połączenia SDR2 w sieci domowej. Domyślnie adres IP wynosi 192.168.16.200 w trybie bezpośrednim, w trybie sieciowym jest przyznawany automatycznie w sieci lokalnej

## 6.1. „SunSDR2-Pro”

„SunSDR2-Pro” jest udoskonaloną wersją „SunSDR2”. Radiostacja pokrywa odbiorczo zakresy 9 kHz – 65 MHz i 96 – 148 MHz, a nadawczo – krótkofalowe pasma amatorskie i pasmo 6 m. Zastosowano w nim wydajniejszy przetwornik analogowo-cyfrowy i udoskonaloną heterodynę.

W odbiorniku pracuje szybki 16-bitowy przetwornik LTC2209 o częstotliwości próbkowania 160 MHz. Obwody wejściowe dla fal krótkich składają się z dziewięciu przełączanych filtrów pasmowych, a w paśmie 2 m – pracuje dodatkowy filtr wąskopasmowy. Odbiornik charakteryzuje się dobrą czułością, szerokim zakresem dynamiki i odpornością na przesterowania przez silne sygnały. Oprogramowanie producenta pozwala na korzystanie z dwóch niezależnych odbiorników w tym samym zakresie częstotliwości.

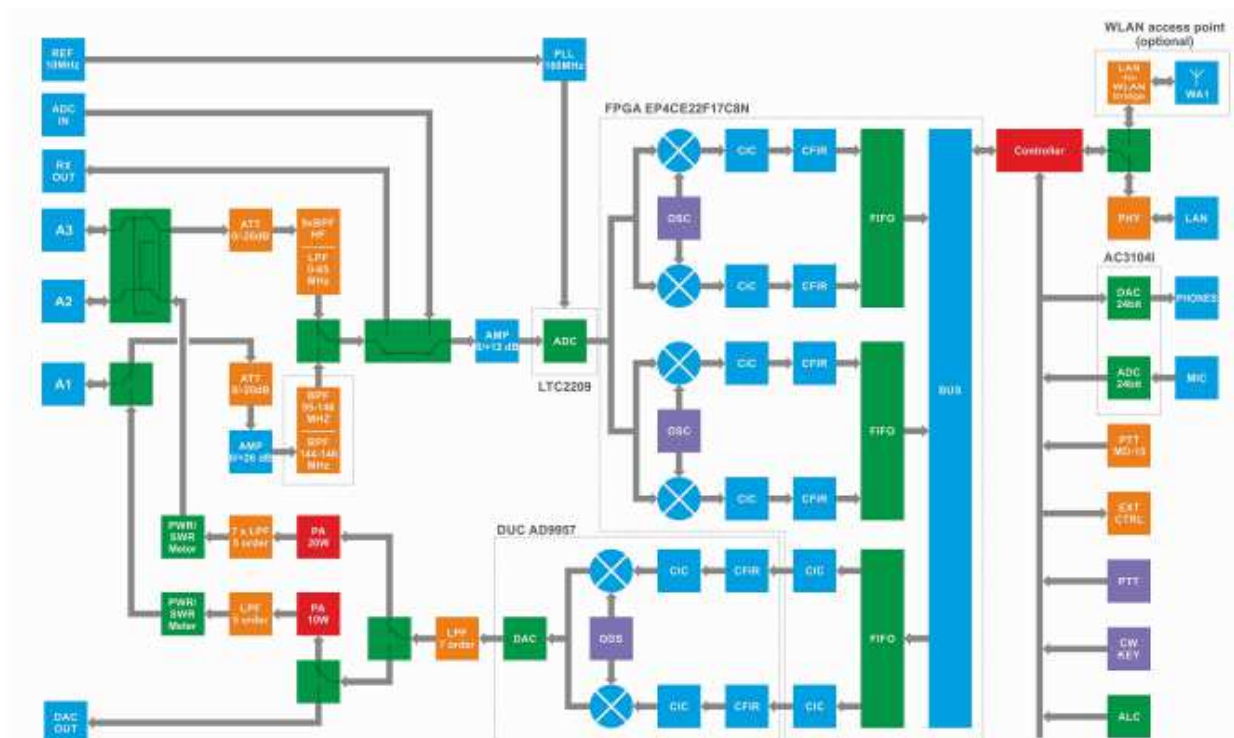
W nadajniku zastosowano oddzielny generator kwadraturowy. Możliwa jest zarówno praca pół- jak i pełnodupleksowa, a poza tym nadajnik może być wykorzystywany jako generator sygnałowy do celów pomiarowych lub w analizatorze widma. Moc wyjściowa na falach krótkich wynosi 20 W, a na 144 MHz – w przybliżeniu 10 W. Radiostacja jest wyposażona w dwa przełączane gniazda antenowe dla fal krótkich i w jedno na UKF.

Oprogramowanie szybkiej matrycy programowalnej FPGA umożliwia bezpośrednie połączenie do niej klucza telegraficznego, co zapewnia kluczkowanie bez zauważalnych opóźnień. Dwa różne gniazda mikrofonowe (RJ45 i 3,5 mm) pozwalają na korzystanie z różnorodnych modeli mikrofonów i mikrofonosłuchawek.

Na tylnej ścianie obudowy znajdują się gniazda do podłączenia generatora wzorcowego 10 MHz (10 – 13 dBm; SMA), anteny WLAN, klucza telegraficznego, nożnego przełącznika nadawanie-odbiór i do sterowania urządzeniami dodatkowymi („Ext Ctrl”) – wzmacniaczami mocy, wentylatorami, przełącznikami antenowymi itp. – oraz wyprowadzenie sygnału ALC.

Do połączenia z komputerem służy złącze ethernetowe, ale można też korzystać z sieci bezprzewodowej WLAN (patrz rys. 6.8).

Wejście połączone bezpośrednio z odbiorczym przetwornikiem analogowo-cyfrowym („ADC IN”) i wyjście bezpośrednio z nadawczego przetwornika cyfrowo-analogowego („DAC OUT”; 10 mW, 0,1 – 150 MHz) umożliwiają korzystanie z dowolnych dodatkowych filtrów pasmowych, dodatkowych anten, transwerterów, tłumików, przedwzmacniaczy itp.



Rys. 6.1.1. Pełny schemat blokowy radiostacji „SunSDR2-Pro”

Tabela 6.1.1

Parametry techniczne „SunSDR2-Pro”

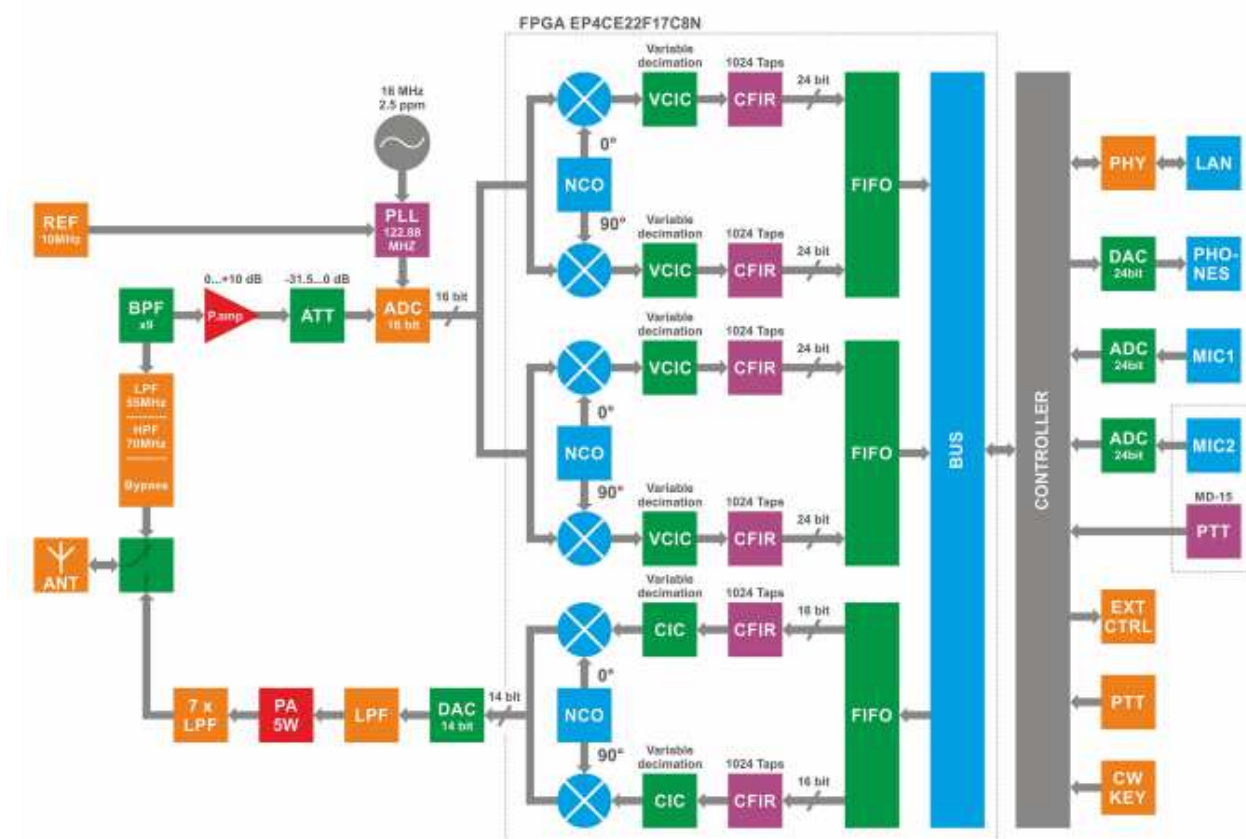
Zakres odbiorczy KF	90 kHz – 65 MHz
Zakres odbiorczy UKF	95 – 148 MHz
Zakres nadawczy KF	pasma amatorskie KF i 6 m
Zakres nadawczy UKF	144 – 146 MHz
Czułość odbiornika	0,07 $\mu$ V
Moc wyjściowa KF	20 W
Moc wyjściowa UKF	8 – 10 W
Zakres dynamiki wolny od blokowania na KF	130 dB (dla porównania w „SunSDR2” > 119 dB)
Zakres dynamiki wolny od blokowania na UKF	> 114 dB
Zakres dynamiki dla modulacji skrośnej trzeciego rzędu (IMD3)	> 100 dB przy odstępnie 2 kHz
Zakres dynamiki przemiany zwrotnej (wstecznej)	> 110 dB przy odstępnie 2 kHz
Filtry pasmowe KF	9, oktawowe Czebyszewa 3 rzędu (dla pasma 160 m – 7 rzędu)
Filtry pasmowe UKF	1, Czebyszewa 7 rzędu
Przetwornik analogowo-cyfrowy	LTC2209
Częstotliwość próbkowania przetwornika a-c	160 MHz
Rozdzielczość przetwornika a-c	16 bitów
Częstotliwość zegarowa przetwornika c-a	640 MHz
Rozdzielczość przetwornika c-a	14 bitów
Filtry nadawcze	8 KF, eliptyczne, 5 rzędu, dodatkowo na wyjściu przetwornika c-a filtr dolnoprzepustowy 202 MHz, eliptyczny 7 rzędu
Stabilność oscylatora	$0,5 \times 10^{-6}$
Szerokość pasma obserwacji	20 kHz – 80 MHz
Pasma wskaźnika wodospadowego	39, 78, 156, 312 kHz
Liczba niezależnych odbiorników	2 i dwa pomocnicze
Stopnie tłumika	0, -10, -20 dB
Przedwzmacniacz	10 dB
Dodatkowy przedwzmacniacz UKF	22 dB
Napięcie ALC	0 – 4 V
Gniazda antenowe KF	2 x mini UHF
Gniazdo antenowe UKF	1 x mini UHF
Złącze sieciowe	RJ-45, Ethernet 100 MB/s lub 1 GB/s
Impedancja mikrofonu	600 $\Omega$ , mikrofony kompatybilne z YAESU MH-31
Napięcie zasilania	12 – 15 V
Maksymalny pobór prądu	5 A przy nadawaniu, 1,25 A przy odbiorze
Wymiary	165 x 165 x 35 mm
Masa	1,5 kg
Zakres temperatur pracy	0 – 75 °C

## 6.2. „SunSDR2-QRP”

Pokrewny do poprzednich model „SunSDR2-QRP” jest wyposażony w przetwornik analogowo-cyfrowy o częstotliwości próbkowania 122 MHz i rozdzielczości 16 bitów. Zakres dynamiki odbiornika wynosi minimum 115 dB, a na jego wejściu znajduje się zespół 9 przełączanych filtrów pasmowych. Szerokość pasma wyświetlanego na wskaźniku wodospadowym leży w granicach 48 – 960 kHz. Przy ograniczeniu go do 384 kHz możliwe jest korzystanie z dwóch niezależnych odbiorników.

Mniejsze wymiary obudowy, w porównaniu do „SunSDR2-Pro”, spowodowały ograniczenie liczby gniazdek antenowych do jednego, ale możliwości podłączenia mikrofonów pozostały niezmiennie. Do połączenia z komputerem służy jak w poprzednich modelach złącze ethernetowe, a do obsługi – oprogramowanie *ExpertRemote*. Na tylnej ścianie znajduje się również gniazdko SMA do podłączenia generatora wzorcowego 10 MHz (moc wyjściowa 10 – 13 dBm).

Pomocnicze gniazdko „Ext Ctrl” służy do sterowania dodatkowymi wzmacniaczami mocy, wentylatorami, przełącznikami anten itp.



Rys. 6.2.1. Pełny schemat blokowy radiostacji „SunSDR2-QRP”

Tabela 6.2.1  
Parametry techniczne „SunSDR2-QRP”

Zakres odbiorczy KF	10 kHz – 55 MHz, w zakresie cząstkowego próbkowania (z obniżoną czułością) także pasmo 4 m
Zakres nadawczy KF	pasma amatorskie KF i 6 m
Czułość odbiornika	0,1 $\mu$ V
Moc wyjściowa KF	7 W
Zakres wolny od blokowania na KF	124 dB
Zakres dynamiki dla modulacji skrośnej trzeciego rzędu (IMD3)	110 dB przy odstępnie 2 kHz
Filtry pasmowe KF	9, filtry Czebyszewa 3 rzędu

Częstotliwość próbkowania przetwornika a-c	122,88 MHz
Rozdzielczość przetwornika a-c	16 bitów
Częstotliwość zegarowa przetwornika c-a	122,88 MHz
Rozdzielczość przetwornika c-a	14 bitów
Filtry pasmowe nadajnika	7, eliptyczne 9 rzędu
Stabilność oscylatora	$2,5 \times 10^{-6}$
Maksymalna szerokość pasma obserwacji	60 MHz
Pasma wskaźnika wodospadowego	48, 192, 384, 768, 960 kHz
Liczba niezależnych odbiorników	2
Stopnie tłumika	-31,5 – 0 dB
Przedwzmacniacz	10 dB
Gniazda antenowe KF	1 x mini UHF
Złącze sieciowe	RJ-45, Ethernet 100 MB/s lub 1 GB/s
Impedancja mikrofonu	600 $\Omega$ , mikrofony kompatybilne z YAESU MH-31
Napięcie zasilania	7 – 15 V, typ. 12 V
Maksymalny pobór prądu	3 A
Wymiary	185 x 106 x 45 mm
Masa	0,8 kg
Zakres temperatur pracy	0 – 75 °C

## 7. Rodzina radiostacji „Flex 6000”

Radiostacje serii Flex-6000 pracują z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową (ang. *DDC*) w odbiorniku i bezpośrednią cyfrową przemianą wzwyż (ang. *DUC*) w nadajniku. W ich układach nie występują więc analogowe stopnie przemiany, filtry kwarcowe ani syntezy częstotliwości. W odróżnieniu od rozwiązań klasy popularnej zawierają one własne procesory sygnałowe, a do połączenia z komputerem PC wykorzystywane jest złącze sieciowe „Ethernet” 100 Mb/s lub 1 Gb/s. Moce ich nadajników wynoszą 100 W. Flex-6500 i Flex-6700 posiadają standardowo wbudowaną skrzynkę antenową, dla modelu 6300 jest ona dostępna dodatkowo.



Fot. 7.1. Rodzina radiostacji Flex-6000

Do obsługi sprzętu na PC służy program „SmartSDR” oparty na wcześniejszym i dobrze znanym „PowerSDR”. Pracuje on pod systemami Windows 7 – 8.1, dysponuje bogatym zestawem filtrów, kompresorem mowy i może współpracować z programami dla emisji cyfrowych i z dodatkowym sprzętem. Jego cyfrowe kanały DAX (*Digital Audio Exchange*) zastępują dotychczasowe metody wymiany danych z innymi programami (np. terminalowymi dla emisji cyfrowych) polegające na łączeniu za pomocą kabli elektrycznych odpowiednich wyjść i wejść podsystemów dźwiękowych lub łączenie programów za pomocą wirtualnego kabla programowego VAC (*Virtual Audio Cable*) lub podobnych.

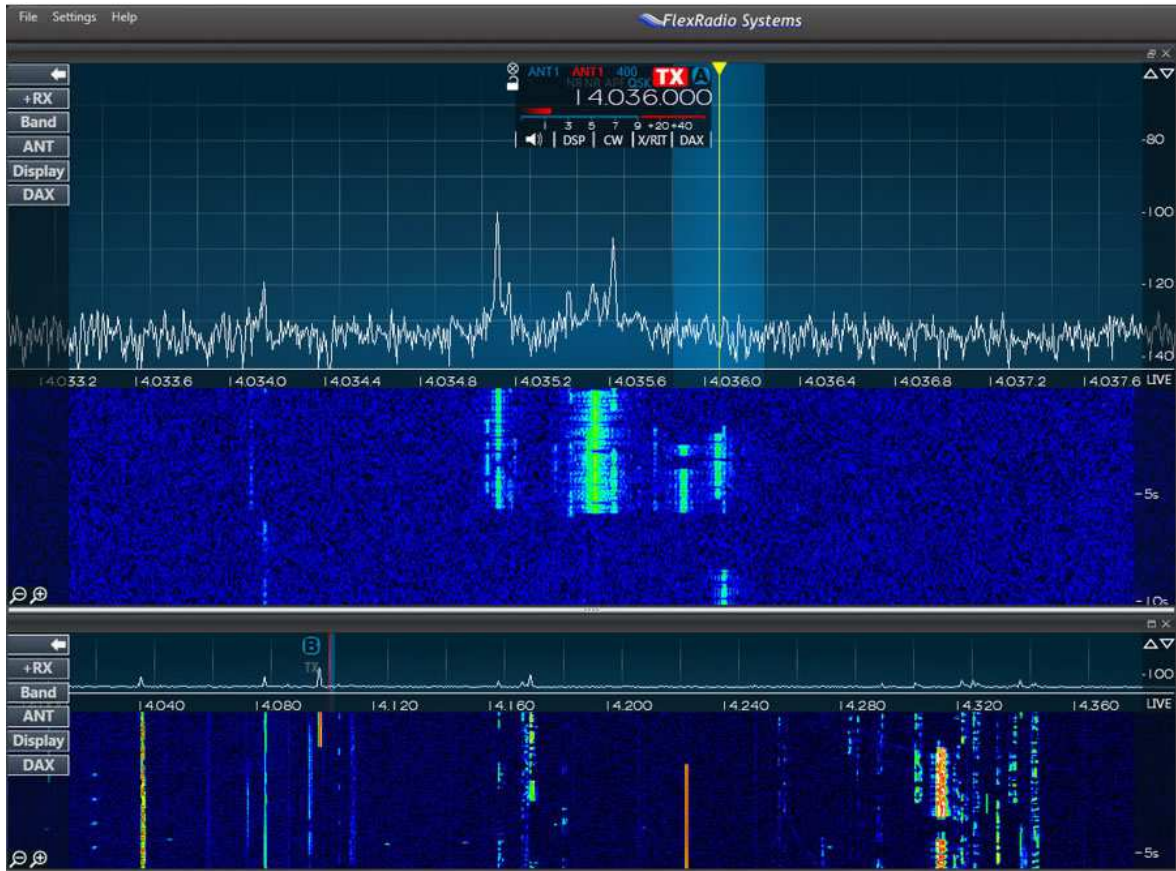
„SmartSDR” może obsługiwać jednocześnie większą liczbę odbiorników. Dodatkowa gałka strojenia „FlexControl” z programowalnymi przyciskami ułatwia obsługę radiostacji ale jest to kwestia upodobań. Gałka ta jest stosowana do wszystkich modeli radiostacji włącznie z dawniejszym „Flex-1500”. „SmartSDR” jest wprawdzie wzorowany na „PowerSDR” jednak istnieje między nimi zasadnicza różnica wynikająca z zasady pracy radiostacji. O ile „PowerSDR” jest przewidziany do współpracy z radiostacjami z bezpośrednią przemianą częstotliwości i zawiera wszystkie niezbędne funkcje cyfrowej obróbki sygnałów, o tyle w radiostacjach z serii Flex-6000 obróbka sygnału następuje w samym sprzęcie, a program „SmartSDR” służy do sterowania urządzeniami i zapewnienia współpracy z innymi programami j.np. z programami terminalowymi dla emisji cyfrowych.

Flex-6300 i 6500 zawierają po jednej odbiorczej jednostce obróbki sygnału (ang. *spectral capture unit; SCU*) składającej się z przetwornika analogowo-cyfrowego i rozbudowanego procesora sygnałów, natomiast 6700 i 6700R po dwie. Pozwala to odpowiednio na odbiór w 2, 4 lub 8 niezależnych podzakresach częstotliwości – co odpowiada korzystaniu z tej samej liczby wirtualnych odbiorników.

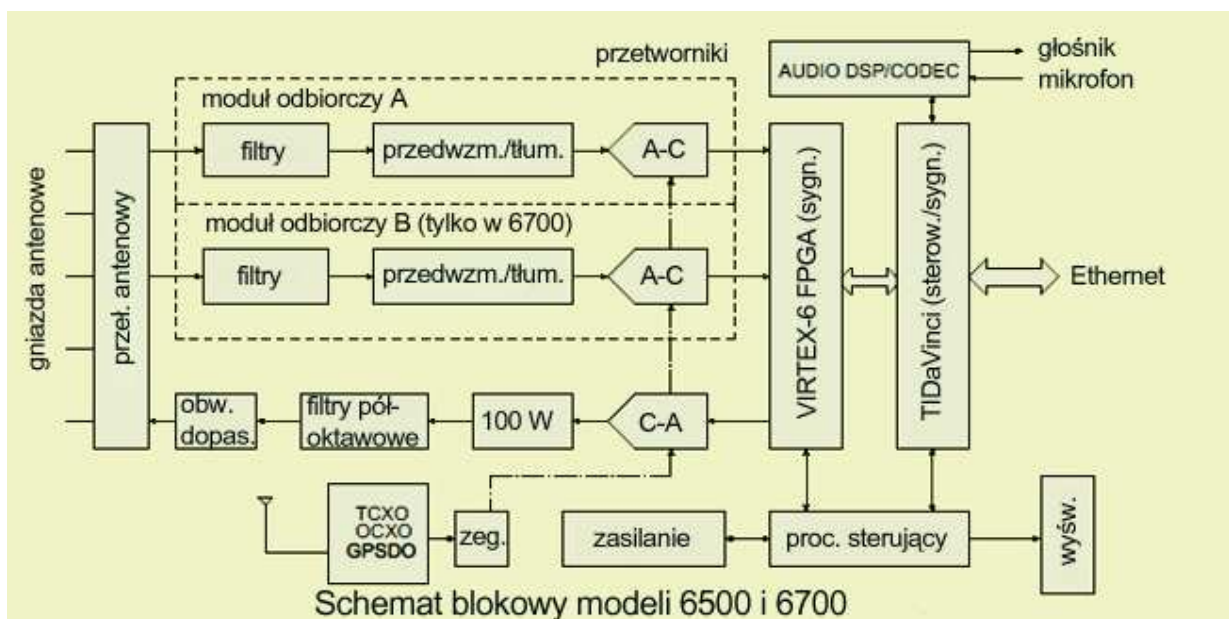
Jak wynika ze schematu blokowego sygnał z anteny po przejściu przez odpowiednie filtry i ewentualnie tłumik lub przedwzmacniacz jest podawany na szybki 16-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy o częstotliwości próbkowania odpowiednio 122,88 lub 245,76 MHz. Przetwornik zapewnia zakres dynamiki 110 dB i punkt przecięcia 3 rzędu (IP3) +45 dB. Otrzymane dane cyfrowe są przekazywane na układ cyfrowej obróbki sygnału składający się z programowalnej matrycy cyfrowej FPGA i zmiennoprzecinkowego procesora sygnałowego oraz procesora nadzorczego i zapewniającego komunikację ze światem zewnętrznym. W trakcie nadawania FPGA służy do generacji sygnałów w.cz. – przykładowo sygnału CW, a w trakcie odbioru m.in. do filtracji próbek i analizy widma.

W nadajniku dane pochodzące z układu cyfrowej obróbki sygnałów są przekazywane na szybki 16-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy i następnie na przeciwsobny wzmacniacz mocy 100 W na tranzystorach MOSFET RD100HHF1. Wzmacniacz mocy jest nadzorowany programowo, tak aby nie dopuścić do jego uszkodzenia wskutek przegrzania albo niedopasowania obciążenia. Do pomiaru mocy

padającej i odbitej użyto podwójnego detektora logarytmicznego typu ADL5519. Daje on szeroki zakres dynamiki pomiarów i dobrą liniowość skali.



Rys. 7.2. Okno główne programu „SmartSDR”



Rys. 7.3. Schemat blokowy radiostacji

Modele 6500 i 6700 są fabrycznie wyposażone w automatyczną skrzynkę antenową zapewniającą dopasowanie w zakresie WFS nawet do ok. 10 (zależnie od pasma), natomiast dla 6300 jest to akce-

sorium dodatkowe. Odbiornik 6700R nie potrzebuje oczywiście dodatkowych obwodów dopasowujących tego rodzaju.



Fot. 7.4. Automatyczna skrzynka antenowa

Częstotliwości zegarowej dla przetworników dostarcza niskoszumny generator stabilizowany za pomocą TCXO lub OCXO. Ich częstotliwość może być dodatkowo synchronizowana za pomocą częstotliwości wzorcowej z odbiornika GPS dzięki czemu uzyskuje się stabilność częstotliwości  $5 \times 10^{-12}$  w ciągu 24 godz. (nie dotyczy to najtańszej radiostacji Flex-6300). Częstotliwość wzorcową 10 MHz z modułu GPSDO doprowadza się do gniazdka SMA na tylnej ścianie obudowy, a sam moduł jest umieszczony wewnątrz.



Fot. 7.5. Generator wzorcowy GPSDO

Przedwzmacniacze w.cz., pracujące na obwodach ADL5201, o współczynniku szumów 7,5 dB są zasadniczo potrzebne jedynie w rzadkich przypadkach. W rejonach o wyższym poziomie zakłóceń powodują one tylko zwiększenie wrażliwości odbiornika na przesterowania. Modele 6700 i 6700R posiadają dodatkowo drugi wzmacniacz na ADL5534 dający wzmocnienie +20dB i charakteryzujący się współczynnikiem szumów 2,5 dB.



Obudowy wszystkich trzech modeli mają elegancki wygląd, a na ich przednich ściankach znajduje się tylko po kilka gniazd i elementów obsługi. Oprócz gniazdek dla mikrofonu, słuchawki i klucza telegraficznego (sztorcowego lub bocznego) znajduje się na niej wyłącznik z wielokolorową diodą świecąca, a w modelach 6500 i 6700 wyświetlacz i przycisk wielofunkcyjny, który w następnych wersjach programu ma służyć do wywoływania szczegółowych funkcji diagnostycznych.

Dioda świecąca sygnalizuje włączenie i odbiór kolorem zielonym, nadawanie przez gniazdko antenowe – czerwonym, nadawanie przez gniazdko transwertera – pomarańczowym, a pozostałe kolory i różne cykle migania służą do sygnalizacji stanów pracy, występujących błędów itp. Wyświetlacz informuje dokładniej o stanie pracy, błędach itp.

Wszystkie pozostałe gniazda i przyłącza znajdują się na ściankach tylnych. Oprócz gniazdek antenowych, transwertera, wejścia częstotliwości wzorcowej, zasilania, sieciowych „Ethernet”, przycisku nadawania, głośnikowych (dla głośników aktywnych) itp. znajdują się tam też gniazda DB15 do połączenia z urządzeniami peryferyjnymi. Do gniazda doprowadzone są m.in. sygnały m.cz. z odbiornika, napięcie zasilania 5 V dla dodatkowych układów, trzy sygnały do sterowania przełącznikami urządzeń zewnętrznych, takich j.np. wzmacniacze mocy, i magistrala I2C. Są tam także wejścia PTT, blokady nadajnika i kluczowania FSK. Również oba złącza USB służą do sterowania dodatkowym wyposażeniem.



Fot. 7.6. Tylne ścianka „Flex-6300”

Liczba i rodzaj elementów na tylnej ściance zależą od modelu radiostacji.

Wśród plusów użytkownicy podkreślają dużą czułość i niski poziom szumów własnych odbiornika ale jednocześnie przez niektórych użytkowników krytykowana była niska skuteczność eliminatorów zakłóceń impulsowych i szumów w „SmartSDR” – jest to jednak z pewnością zależne od posiadanej wersji programu. Jakość dźwięku zarówno odbiornika jak i nadajnika jest uznawana za dobrą. Graficzny korektor barwy dźwięku w nadajniku mógłby być jednak zdaniem niektórych użytkowników bardziej rozbudowany. Inni użytkownicy bardzo chwalili śledzący filtr zaporowy, synchroniczną detekcję AM, a także możliwość nagrywania i odtwarzania dźwięku.

W dyskusjach podkreślana jest też wysoka jakość wykonania, ale również fakt, że instrukcja obsługi mogłaby zawierać więcej szczegółów i być wygodniejsza w użyciu.

Krytykowane bywa także silne nagrzewanie się stopnia mocy w trakcie pracy emisją JT-65, co powoduje głośną pracę wentylatora na pełnych obrotach, trudności w konfigurowaniu kanałów DAX, brak wersji „SmartSDR” dla innych systemów operacyjnych poza Windows i opłaty pobierane za uaktualnienia programu.

Obsługa „SmartSDR” jednak zasadniczo nie przysparza kłopotów.

Zależnie od szybkości pracy komputera albo jego obciążenia przez inne programy i zadania obserwacja zakresów o pełnej możliwej szerokości i korzystanie z kilku wirtualnych odbiorników równolegle może stanowić nadmierne obciążenie dla komputera spowalniając pracę programu lub nawet doprowadzając do jego zawieszenia się.



Fot 7.9. Gałka Flexcontrol ułatwia strojenie

Tabela 7.1. Najważniejsze parametry serii 6000

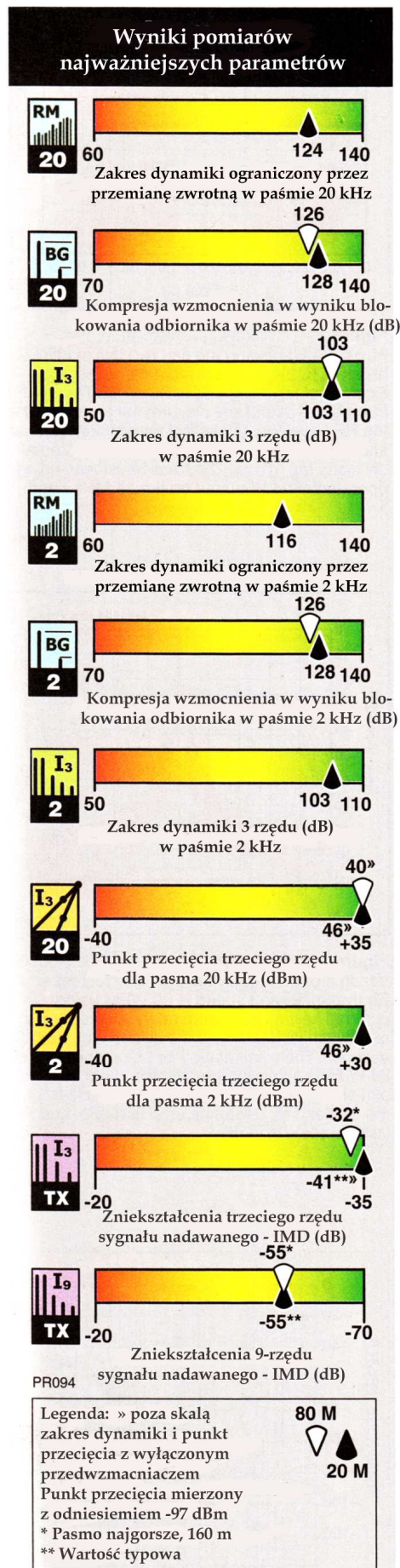
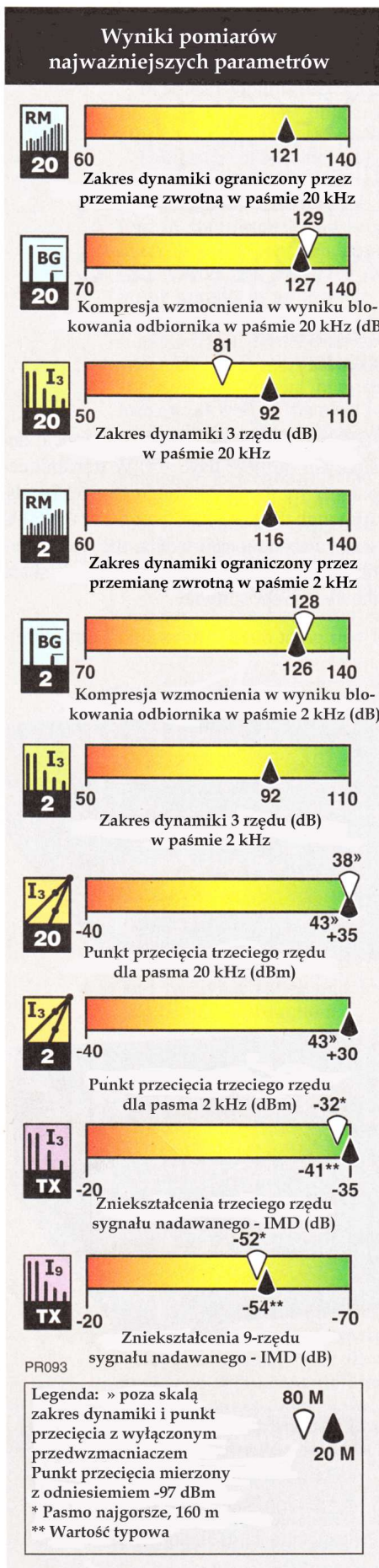
Parametr	Flex-6300	Flex-6500	Flex-6700	Flex-6700R
Złącza USB 2.0	2	2	2	2
Częstotliwość zegarowa	122,88 MHz	983,04 MHz	983,04 MHz	983,04 MHz
Szumy fazowe generatora zegarowego	-140 dBc@10 kHz	-147 dBc@10 kHz -152 dBc@100 kHz	-147 dBc@10 kHz -152 dBc@100 kHz	-147 dBc@10 kHz -152 dBc@100 kHz
Stabilność generatora zegarowego (0–50°C)	0,5 x 10 <sup>-6</sup> TCXO	0,5 x 10 <sup>-6</sup> TCXO	0,02 x 10 <sup>-6</sup> OCXO	0,02 x 10 <sup>-6</sup> OCXO
GPSTCXO		dodatkowo	dodatkowo	dodatkowo
Stabilność GPSTCXO		5 x 10 <sup>-12</sup> w ciągu 24 godz.	5 x 10 <sup>-12</sup> w ciągu 24 godz.	5 x 10 <sup>-12</sup> w ciągu 24 godz.
Emisje	USB, LSB, CW, RTTY, AM, AM detekcja synchroniczna, FM			
Rozdzielcz. skali	1 Hz	1 Hz	1 Hz	1 Hz
Gniazda antenowe	2 x SO239, BNC (transwerter)	2 x SO239, BNC, BNC (transwerter)	2 x SO239, 2 x BNC, BNC (transwerter)	2 x SO239, 2 x BNC, BNC (transwerter)
Impedancja wejściowa	50 Ω	50 Ω	50 Ω	50 Ω
Napięcie zasilania	13,8 V +/-15%	13,8 V +/-15%	13,8 V +/-15%	25 – 264 V prądu zm. 47 – 63 Hz, 20 W, 1,5 A
Pobór prądu odbiór/nadawanie dla 13,8 V	1,7 A/23 A	1,7 A/23 A	3 A/23 A	
Wymiary [cm]	33 x 29,84 x 7,06	33 x 30,5 x 10,2	33 x 30,5 x 10,2	33 x 30,5 x 10,2
Masa	4,5 kg	5,9 kg	5,9 kg	5,0 kg
Temperat. pracy	0–50°C	0–50°C	0–50°C	0–50°C
<b>Odbiornik</b>				
Liczba jednostek przetwarzających	1	1	2	2
Liczba równoległych zakresów odbioru	2	4	8	8
Szerokość pasma podzakresów	7 MHz	14 MHz	14 MHz	14 MHz
Przetwornik A-C	16 bitów	16 bitów	16 bitów	16 bitów
Częst. próbkow.	122,88 Mpr./s	245,76 Mpr./s	245,76 Mpr./s	245,76 Mpr./s
Zakres odbioru	30 kHz – 54 MHz	30 kHz – 77 MHz	30 kHz – 77 MHz 135 – 165 MHz	30 kHz – 77 MHz 135 – 165 MHz
Liczba kanałów DAX IQ / szerokość kanału	2 / 24 – 96 kHz	4 / 24 – 192 kHz	4 / 24 – 192 kHz	4 / 24 – 192 kHz
Liczba kanałów DAX m.cz.	2	4	8	8
Preselektor dla pasm amatorskich	brak	160 – 6 m (bez pasma 60 m)	160 – 2 m (bez pasma 60 m)	160 – 2 m (bez pasma 60 m)
Tłumik i przedwzmacniacz	0 – +20 dB	-10 – +20 dB	-10 – +30 dB	-10 – +30 dB
Tłumienie sygnałów lustrzanych i niepożądanych	> 80 dB	> 100 dB	> 100 dB	> 100 dB

Czułość, pasmo 500 Hz, preselektor wył., przedwzm. wył./10/20/30 dB	-121 dBm/- -/136 dBm/- -	-121 dBm/-125 dBm/-136 dBm/- -	-121 dBm/-125 dBm/-136 dBm/-141 dBm	-121 dBm/-125 dBm/-136 dBm/-141 dBm
Wyjście dla zewn. głośn. aktywnych	600 Ω, stereofoniczne asymetryczne			
Nadajnik				
Przetwornik C-A w nadajniku	16 bitów / 122,88 Mpr./s	16 bitów / 491,52 Mpr./s	16 bitów / 491,52 Mpr./s	
Moc wyjściowa nadajnika	1 – 100 W SSB, CW, FM, RTTY, cyfrowe, 1 – 25 W nośna AM. Pełna moc na pasmach 160 – 6 m			
Filtry pasmowe na wyjściu	Pasma amatorskie 160 – 6 m	1,8 – 30 MHz pokrycie ciągłe, 50 – 54 MHz	1,8 – 30 MHz pokrycie ciągłe, 50 – 54 MHz	
Wyjście małej mocy do transwertera	0 dBm typowo, maks. +10 dBm	0 dBm typowo, maks. +10 dBm	0 dBm typ., maks. +10 dBm (+7 dBm 2 m)	
Zakres częstotliwości dla transwertera	0,1 – 54 MHz	0,1 – 77 MHz	0,1 – 77 MHz; 135 – 165 MHz	
Sposób modulacji	Cyfrowy na nośnej małej mocy			
Maks. dewiacja FM	5 kHz			
Nadawczy kanał DAX	tak			
Tłumienie nośnej	typ. <80 dBc			
Tłumienie niepożądanego wstęgi bocznej	typ. <80 dBc			
Poziom harmonicznych dla pasm 1,8 – 50 MHz	<50 dBc; -70 dBc dla pasma 6 m	<60 dBc; -70 dBc dla pasma 6 m	<60 dBc; -70 dBc dla pasma 6 m	
Szerokość pasma m.cz.	domyślnie 300 – 2700 Hz, regulowane 50 – 10000 Hz			
Gniazda mikrofonowe	8-nóżkowe niesymetryczne	8-nóżk. niesym. sym. XLR/TRS	8-nóżk. niesym. sym. XLR/TRS	
Imped. mikrof.	600 Ω (200 Ω – 10 kΩ)			
Skrzynka antenowa				
Zakres dopasowania 80 – 10 m	dodatkowa 8,3 – 300 Ω	8,3 – 300 Ω	8,3 – 300 Ω	
Zakres dopasowania 160 m, 6 m	dodatkowa 16,7 – 150 Ω	16,7 – 150 Ω	16,7 – 150 Ω	

Następna strona

po lewej – Rys 7.7. Parametry radiostacji Flex-6300 (źródło: „QST” kwiecień 2015, str. 48)

po prawej – Rys. 7.8. Parametry radiostacji Flex-6700 (źródło: „QST” kwiecień 2015, str. 50)



## 7.1. „Flex-6400”

Flex-6400 jest radiostacją nadawczo-odbiorczą z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową pokrywającą zakres fal krótkich i pasmo 6 m. Do jej obsługi dostępne jest oprogramowanie *SmartSDR* dla systemów operacyjnych Windows, MacOS i iOS. Pozwala ono na równoległe wyświetlanie na ekranie komputera dwóch widm o szerokościach maksymalnych 7 MHz i pracę duplexową. Model 6400M jest wyposażony w wyświetlacz dotykowy o przekątnej 8 cali i rozdzielczości 1920 x 1200 punktów, gniazdo HDMI do podłączenia zewnętrznego monitora oraz 2-watowy głośnik.

Tabela 7.1.1  
Najważniejsze parametry

Zakres pracy nadajnika	Amatorskie pasma krótkofalowe i 6 m
Zakres pracy odbiornika	30 kHz – 54 MHz
Przetwornik a/c	16-bitowy, częstotl. próbkowania 122,88 MHz
Stabilność TCXO	$0,5 \times 10^{-6}$
Wejście sygnału wzorcowego	SMA, 10 MHz
Moc nadajnika	1 – 100 W SSB, CW, FM, RTTY; 1 – 24 W AM
Emisje	CW, LSB, USB, AM, FM, RTTY, cyfrowe
Tłumienie harmonicznych	< -60 dBc
Zakres dynamiki odbiornika ograniczony modulacją wsteczną	116 dB
Liczba niezależnych odbiorników	2
Maksymalne szerokości wyświetlanych zakresów	2 x 7 MHz
Liczba pamięci	100 podpisywanych alfanumerycznie
Gniazdko mikrofonowe	okrągłe, 8-kontaktowe
Gniazdko słuchawek	koncentryczne 3,5 mm
Gniazda w.cz.	antenowe 2 x UHF, BNC dla transwertera, dodatkowe BNC dla odbiornika
Zakres częstotliwości i moc na wyjściu transwertera	100 kHz – 54 MHz, 0 – 10 dBm
Pobór prądu przy nadawaniu	23 A (przy pełnej mocy)
Pobór prądu przy nadawaniu	1,7 A
Zasilanie	13,8 V +/- 15%, prąd stały
Wymiary	356 x 171 x 337 mm
Masa	4,5 kg

## 7.2. Test radiostacji „Flex-6500”

Tekst jest skróconym tłumaczeniem z poz. [7.1].

Flex-6500 jest modelem o właściwościach pośrednich pomiędzy modelami 6300 i 6700. Oferuje ona wiele możliwości starszego brata, ale po niższej cenie. Odbiornik 6500 jest wyposażony tylko w pojedynczy przetwornik analogowo-cyfrowy podczas gdy 6700 ma ich dwa. Odbiornik pokrywa zakres 100 kHz – 72 MHz, a więc połowę zakresu pokrywanego przez 6700. Nadajnik jest praktycznie identyczny – pracuje z mocą 100 W w pasmach 160 – 6 m. W niektórych wersjach jest ona także wyposażona w pasmo 4 m. Niemożliwa jest natomiast praca w paśmie 2 m bez dodatkowego transwertera. Zastosowany generator sterujący TCXO zapewnia stabilność  $0,5 \times 10^{-6}$ , podczas gdy OCXO w 6700 ma stabilność  $0,02 \times 10^{-6}$ . Wyposażenie w pojedynczy przetwornik a/c oznacza możliwość korzystania tylko z jednej anteny w danym czasie, a więc niedostępny jest odbiór różnicowy. W przypadku anten wielopasmowych możliwa jest natomiast obserwacja sytuacji w innych pasmach, ale przy korzystaniu z tych samych ustawień przedwzmacniacza lub tłumika wejściowego. Operator może korzystać z czterech odbiorników szerokopasmowych równoległe w pełnym zakresie 30 kHz – 72 MHz. Z odbiornika radiostacji 6500 nie można korzystać w popularnym w wielu zawodach trybie jednego operatora

z dwoma odbiornikami (SO2R), co jest możliwe we Flex-6700<sup>1</sup>. Rozdzielczość częstotliwościowa wynosi 1/4 rozdzielczości tego ostatniego. W porównaniu z Flex-6300 liczba równoległych odbiorników jest dwa razy większa, a szerokość obserwowanego widma wynosząca 14 MHz dwukrotnie szersza. Odbiornik 6300 nie jest też wyposażony w filtry wejściowe. Flex-6500 posiada wbudowany standardowo obwód dostrojenia anteny, podczas gdy w 6300 jest on akcesorium dodatkowym. W przeciwieństwie do Flex-6300 w 6500 możliwa jest synchronizacja generatora sterującego przez sygnały GPS. Flex-6500 jest wyposażony w większą liczbę gniazd i złączy dla mikrofonów, wzmacniaczy i transwerterów.

Praca w eterze jest stosunkowo nieskomplikowana, a wyposażenie i sposób obsługi zgodne z tym, czego można oczekiwać od nowoczesnej radiostacji. Radiostacja jest wyposażona w kompresor mowy i w pięciopasmowy korektor graficzny, a otrzymywane raporty potwierdziły dobrą jakość dźwięku. Praktycznym rozwiązaniem byłoby jednak wyposażenie jej w możliwość podsłuchu własnego nadawanego sygnału.

Flex-6500 może też współpracować z konsolą *Maestro* zamiast z komputerem. Dzięki szerokiej gamie możliwości można Flex-6500 zaliczyć do najwyższej klasy sprzętu amatorskiego. Program odbiorczy *SmartSDR for Windows* jest w dalszym ciągu udoskonalany.

W stanie gotowości (wyłączonym) Flex-6500 pobiera prąd 54 mA, o czym warto pamiętać przy zasilaniu z akumulatora.

Tabela 7.2.1

Pomiary radiostacji Flex-6500 o numerze seryjnym 2016-5312-6500-6128

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości: odbiór 30 kHz – 72 MHz; nadawanie pasma amatorskie 160, 80, 60, 40, 30, 20 17, 15, 12, 10 i 6 m	Odbiór 100 kHz – 74 MHz, nadawanie: zgodnie z danymi producenta
Pobór prądu: odbiór typ. 2 A; nadawanie maks. 23 A przy napięciu zasilania 13,8 V +/-15%	Przy zasilaniu 13,8 V 17 A przy nadawaniu typ., 20 A maks.; przy odbiorze zgodnie z danymi producenta. W stanie wyłączonym pobór 54 mA
Emisje: SSB, CW, FM, RTTY, cyfrowe, AM, detektor synchroniczny AM	Zgodnie z danymi producenta
Odbiornik	Dynamiczne badania odbiornika
Czułość dla CW przy paśmie 400 Hz, preselektor wyłączony, przedwzmacniacz 1/2/3: -121, -125, -136 dBm	Poziom szumów, pasmo 400 Hz: Przedwzm.   wył.    1    2 (dBm) (dBm) (dBm) 0,137 MHz   -117   -119   -125 0,475 MHz   -121   -126   -133 1,0 MHz      -121   -127   -136 3,5 MHz      -120   -126   -136 14 MHz       -120   -126   -136 50 MHz       -120   -123   -133
Współczynnik szumów: nie podany	Przedwzm. wył./1/2: 14 i 50 MHz, 27/21/11 dB
Czułość widmowa	Przedwzm. wył./1/2: -125/-132/-141 dBm
Czułość AM: nie podana	Dla odstępu sygnał/szum 10 dB, pasma 6 kHz, modulacji 30% sygnałem 1 kHz: Przedwzm.   wył.    1    2 (μV) (μV) (μV) 1,0 MHz      6,02   3,02   1,00 3,8 MHz      8,60   3,59   1,00 29,0 MHz     8,03   3,89   1,19 50,4 MHz     8,80   4,12   1,38

<sup>1</sup> Praca w trybie SO2R polega na prowadzeniu łączności w jednym paśmie i równoległym poszukiwaniu mnożników albo stacji specjalnych w innym zakresie na drugim odbiorniku.

Czułość FM: nie podana	Dla odstepu 12 dB SINAD, pasma 16 kHz: Przedwzm.    wył.    1    2 (μV) (μV) (μV) 29 MHz    2,57   1,26   0,40 52 MHz    2,66   1,33   0,44 70 MHz    3,48   1,78   0,59			
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 400 Hz*): odstep 20 kHz    odstep 5/2 kHz przedwzm. wył./1/2    przedwzm. wył. 3,5 MHz    130/129/129 dB    130/130 dB 14 MHz    130/129/129 dB    130/129 dB 50 MHz    130/129/129 dB    130/129 dB			
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną (pasmo 400 Hz): nie podany	14 MHz, odstep 20/5/2 kHz: 122/116/115 dB			
Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 400 Hz)				
Pasmo/przedwzm	odstep	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki
3,5 MHz/wył.	20 kHz	-120 dBm -97 dBm	-20 dBm -6 dBm	100 dB
14 MHz/wył.	20 kHz	-120 dBm -97 dBm 0 dBm	-17 dBm 0 dBm -97 dBm	103 dB
14 MHz/1	20 kHz	-126 dBm -97 dBm	-26 dBm -8 dBm	100 dB
14 MHz/2	20 kHz	-136 dBm -97 dBm	-36 dBm -16 dBm	100 dB
14 MHz/wył.	5 kHz	-120 dBm -97 dBm 0 dBm	-18 dBm 0 dBm -97 dBm	102 dB
14 MHz/wył.	2 kHz	-120 dBm -97 dBm 0 dBm	-19 dBm -3 dBm -97 dBm	101 dB
50 MHz/wył.	20 kHz	-120 dBm -97 dBm	-20 dBm 0 dBm	100 dB
50 MHz/2	20 kHz	-136 dBm -97 dBm	-36 dBm -16 dBm	100 dB
Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz wyłączony/1/2: 14 MHz, +77/+77/+77 dBm; 21 MHz, +75/+73/+73 dBm; 50 MHz, +75/+75/+75 dBm			
Cyfrowa eliminacja szumów: nie podana	Nie zmierzona			
Czułość miernika siły sygnałów: nie podana	Siła S9, przedwzm. wył./1/2 14 MHz, 58,8/58,8/58,8 μV 50 MHz, 67,8/67,8/67,8 μV			
Opóźnienie sygnału odbieranego w wyniku obróbki komputerowej: nie podane	Na wyjściu słuchawkowym odbiornika 100 ms			
Charakterystyka częstotliwościowa p.cz./m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB: CW (400 Hz): 400 – 800 Hz (pasmo 400 Hz) równoważne pasmo prostokątne: 397 Hz USB (2,4 kHz): 101 – 2507 Hz (pasmo 2406 Hz) LSB (2,4 kHz): 101 – 2507 Hz (pasmo 2406 Hz) AM (6 kHz): 23 – 3027 Hz (pasmo 6004 Hz)			
Tłumienie sygnałów lustrzanych: >100 dB	92 dB			

Nadajnik	Dynamiczne badania nadajnika
Moc wyjściowa: CW/SSB/FSK/FM:; 1 – 100 W nominalnie; AM, 25 W nominalnie przy napięciu zasilania 13,8 V	CW/SSB/FSK/FM przy zasilaniu 13,8 V: 1,8 MHz, 93 W; 3,5 MHz, 95 W; 5 MHz, 97 W; 7 MHz, 96 W; 10,1 MHz, 96 W; 14 MHz, 101 W; 18,1 MHz, 100 W; 21 MHz, 98 W; 24,9 MHz, 87 W; 28 MHz, 103 W; 50 MHz, 90 W; A: KF typowo 27 W, 50 MHz, 26 W**
Tłumienie harmoniczných i sygnałów niepożądanych: KF, -60 dBc; 50 MHz, -70 dBc	KF, $\geq 62$ dB (typ.), 58 dB w najgorszym przypadku, 12 m; 50 MHz, 78 dB; odpowiada wymogom FCC
Tłumienie nośnej SSB: <80 dB	>70 dB
Składowe intermodulacyjne: nie podane	3/5/7/9 rzędu, 100 W PEP: KF, -39/-42/-49/-55 dBc (typ.) w najgorszym przypadku, 10 m, -32/-43/-48/-51 dBc; 50 MHz, -39/-37/-48/-66 dBc (90 W)
Szerokość pasma sygnału nadawanego: 10–2900 Hz standardowo, zmienna w granicach 50 Hz – 10 kHz	Szerokość na poziomie -6 dB, dolna/górna granica 300/3000 Hz: 300 – 2991 Hz
Szybkość kluczenia CW: nie podana	7 – 55 sł./min, tryby iambic A i B
Czas przełączania nadawanie-odbiór (od momentu puszczenia przycisku nadawania do uzyskania 50% mocy m.cz.): nie podany	Siła S9, ARW szybka, małe opóźnienie: SSB, 84 ms; CW, 76 ms; siła S9, ARW szybka, ostro opadające zbocza filtrów: SSB, 133 ms, CW, 194 ms
Czas włączania nadajnik (tx delay): nie podany	Małe opóźnienie: SSB, 50 ms; CW, 10 ms; filtry o ostro opadających zboczach: SSB, 50 ms; CW, 13 ms
Wymiary (szerokość, głębokość, wysokość): 33 x 30,5 x 10,2 cm, masa 5,9 kg	
* Wartości standardowe, pasmo regulowane w parametrach cyfrowej obróbki (COS) w opóźnieniach sygnału,	
** moc wyjściowa 15 W przy minimalnym dopuszczalnym napięciu zasilania	

Następna strona

Rys. 7.2.1. Najważniejsze parametry radiostacji Flex-6500





### 7.3. „Flex-6600”

Radiostacje Flex-6600/6600M z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową różnią się od modeli 6400/6400M wyposażeniem w cztery odbiorniki. Daje to możliwości wykorzystania jej w trybie pracy pojedynczego operatora z dwoma odbiornikami (SO2R – rozpowszechnionym w wielu zawodach) i możliwość odbioru różnicowego przez dwie niezależne anteny. Oprócz dwóch gniazd antenowych UHF posiada ona dwa gniazda BNC dla transwerterów i dwa gniazda BNC dla odbioru. Model 6600M jest wyposażony w 8-calowy ekran dotykowy o rozdzielczości 1920 x 1200 punktów i 2-watowy głośnik jak w 6400M (litera „M” w oznaczeniu nawiązuje do konsoli „Maestro”).

W pasmach, w których organizowane są zawody Flex-6600 posiada filtry pasmowe 7 rzędu, a w pozostałych – 3-rzędu. W ramach akcesoriów dodatkowych dla modeli 6400 i 6600 dostępny jest generator wzorcowy 10 MHz stabilizowany sygnałem GPS. Pozwala to na uzyskanie stabilności generatora sterującego radiostacji  $5 \times 10^{-12}$ .

Tabela 7.3.1

Parametry Flex-6600 różniące się w stosunku do Flex-6400

Zakres odbioru	30 kHz – 77 MHz
Przetwornik a/c	16-bitowy, częstotliwość próbkowania 245,76 MHz
Szerokość wyświetlanych podzakresów	1,2 kHz – 14 MHz
Liczba niezależnych odbiorników	4
Gniazda w.cz.	2 x UHF, 2 x BNC odb., 2 x BNC transwerter
Wymiary	356 x 171 x 337 mm
Masa	7,9 kg



Fot. 7.3.1. Flex-6600M z ekranem dotykowym

#### 7.4. „Flex-Maestro”

„Flex-Maestro” jest konsolą zdalnej obsługi dla radiostacji z serii Flex-6000. Jest ona wyposażona w 8-calowy ekran dotykowy o rozdzielczości 1280 x 800 punktów, 7 gałek i 11 wielofunkcyjnych przycisków pozwalających na korzystanie z najważniejszych funkcji radiostacji bez korzystania z komputera, 2-watowy głośnik oraz gniazdka do podłączenia mikrofonu, słuchawek i klucza telegraficznego. Elementy są rozmieszczone ergonomicznie, tak aby zminimalizować ruch ręki. Oprogramowanie konsoli jest podobne do programu *SmartSDR for Windows*. W stosunku do PC zauważalnym ograniczeniem (dla modeli 6500 i 6700) jest ograniczenie liczby równoległych odbiorników do dwóch.

Ekran konsoli jest właściwie ukrytym w obudowie fabrycznym komputerem tabliczkowym pracującym pod ukrytą wersją Windows. Ponieważ system nie jest połączony z Internetem żadne jego aktualizacje nie mogą utrudniać życia użytkownikom. Pod ekranem umieszczono niewielki głośnik. Wszystkie gniazdka znajdują się natomiast na tylnej ścianie. Wbudowany klucz elektroniczny może pracować w trybach iambic A i B z szybkościami od 5 do 99 słów/min.

„Maestro” może być połączona z radiostacją kablowo, przez WLAN (2,4 i 5 GHz), Ethernet, Bluetooth lub nawet przez Internet.

Konsola ma wymiary 360 x 80 x 170 mm i masę 1,95 kg.



Fot. 7.4.1. Konsola „Flex-Maestro”

## 8. Radiostacja „FDM-DUO”

FDM-DUO włoskiej firmy „Elad” może pracować nie tylko w połączeniu z komputerem ale także autonomicznie jak klasyczny sprzęt nadawczy. Tą właśnie podwójną funkcjonalność sygnalizuje oznaczenie DUO w nazwie. Przy mocy 5 W, masie 1200 g i stosunkowo niewielkich gabarytach (180 x 60 x 155 mm) FDM-DUO nadaje się świetnie do użytku w domu i w plenerze. Zwolennicy pracy trochę większymi mocami mają do dyspozycji dodatkowy 120-watowy wzmacniacz mocy DUO-ART.



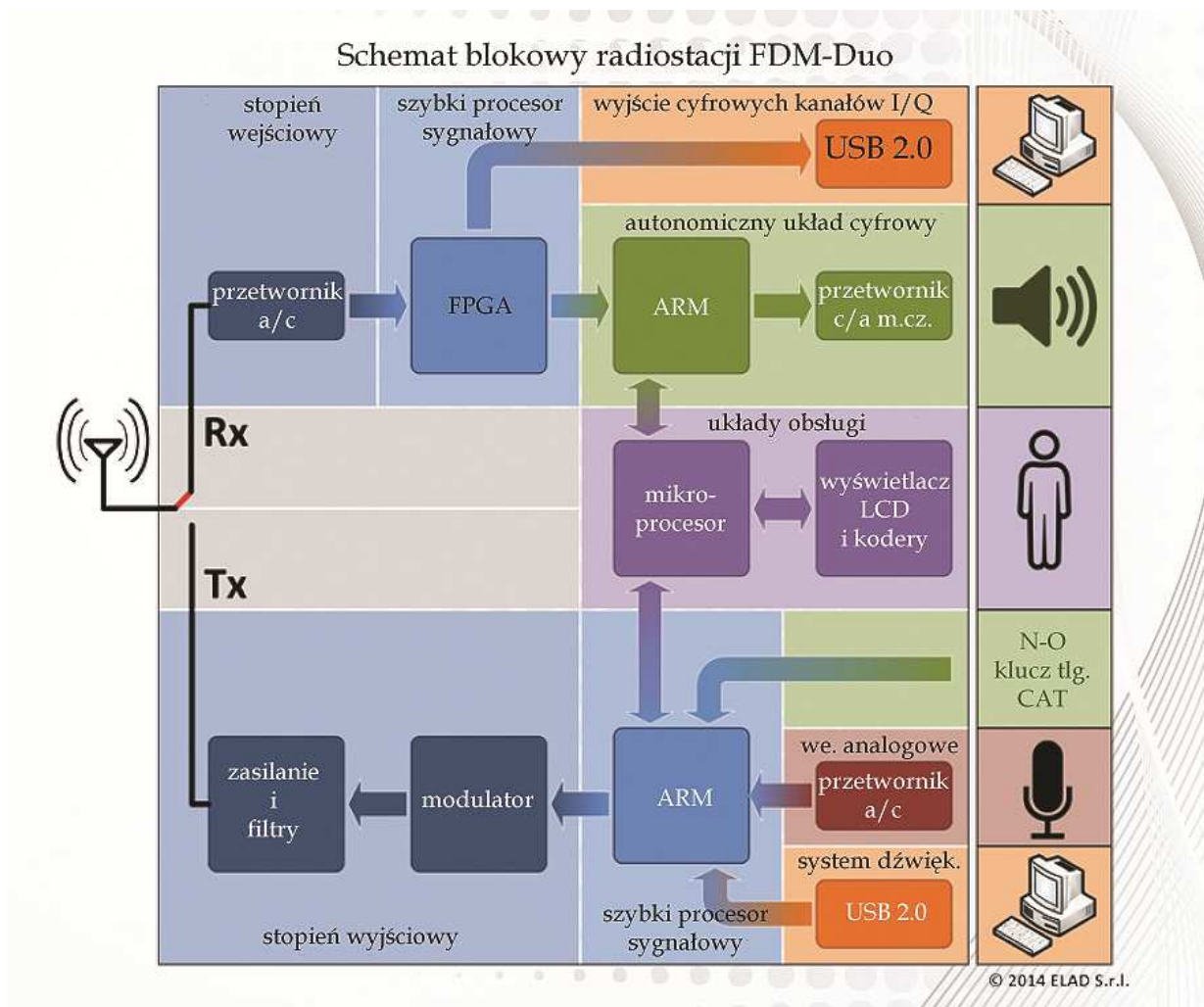
Fot. 8.1. Obudowa FDM-DUO robi eleganckie wrażenie (fot. producenta)

Zgodnie z obecnym stanem techniki odbiornik pracuje z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową co oznacza, że sygnał w.cz. jest po wstępnej filtracji poddawany przemianie na postać cyfrową, a jego dalsza obróbka (filtracja, demodulacja, eliminacja szumów i zakłóceń itd.) odbywa się już cyfrowo. Schemat blokowy radiostacji przedstawia rys. 8.2. Szesnastobitowy przetwornik analogowo-cyfrowy LTC2165 pracuje z częstotliwością próbkowania 122,88 MHz dzięki czemu odbiornik pokrywa zakres 10 kHz – 54 MHz, a więc nie tylko amatorskie pasma krótkofalowe ale i pasmo 6 m. Nadajnik pracuje wyłącznie w pasmach amatorskich 160 – 6 m. Jego moc wyjściowa wynosi 5 W – z możliwością obniżenia jej do 300 mW – ale na dodatkowym gnieździe transwertera jest ona równa 0 dBm (1 mW) w zakresie 100 kHz – 54 MHz.

Brak pasma 2 m daje się łatwo skompensować przez podłączenie transwertera 144/28 MHz ale większość dostępnych na rynku transwerterów na pasma wyższe, a zwłaszcza mikrofalowe ma częstotliwość pośrednią 144 MHz i z tego powodu nie nadaje się do bezpośredniego podłączenia do FDM-DUO. Jednym z możliwych sposobów wyjścia na wyższe pasma byłoby wprowadzenie podłączenia dwóch transwerterów kaskadowo ale jest to rozwiązanie dość skomplikowane i pogarszające stabilność częstotliwości w paśmie docelowym.

FDM-DUO nie posiada wbudowanych obwodów dostrajania anteny („skrzynki antenowej”). Odbiornik nie jest też niestety wyposażony w filtry pasmowe na wejściu, ale może sterować dodatkowym preselektorem – własnej konstrukcji lub pochodzącym od innego producenta.

W nadajniku pracuje układ bezpośredniej syntezy cyfrowej AD9957 taktowany z częstotliwością 368,64 MHz, stabilizowaną przez generator TCXO lub przez zewnętrzny generator wzorcowy 10 MHz, oraz 16-bitowy przetwornik a/c na wejściu mikrofonowym. Do pracy telegrafii dostępny jest klucz elektroniczny pracujący w trybach Iambic A i B. Można oczywiście podłączyć zwykły klucz sztorcowy.



Rys. 8.2. Schemat blokowy FDM-DUO (materiały producenta)

Oprócz programowalnej matrycy logicznej FPGA typu XC6SLX25 FDM-DUO jest wyposażona w mikroprocesor ARM STM32F4 oraz mikroprocesor LPC1766 obsługujący wyświetlacz ciekłokrystaliczny i klawiaturę.

Płyta czołowa radiostacji (fot. 8.1) zawiera wszystkie elementy niezbędne do jej obsługi: dobrej jakości wyświetlacz, gałkę strojenia, dwie gałki wielofunkcyjne (do ich najczęściej używanych funkcji należą odpowiednio regulacja siły głosu i szerokości pasma przenoszenia), sześć klawiszy funkcyjnych, gniazdka słuchawek i pomocnicze itd.

Radiostacja dysponuje dwoma VFO, 200 komórkami pamięci kanałów (w których oprócz częstotliwości zapisywany jest także rodzaj emisji i ustawiona szerokość pasma przenoszenia), ARW o przełączanej szybkości reakcji, 10-stopniowym eliminatorem szumów i eliminatorem zakłóceń impulsowych. Prawie wszystkie parametry mogą być dowolnie zmieniane w trybie autonomicznym, jedynie podpisywanie komórek pamięci możliwe jest tylko za pomocą PC.

Na tylnej ścianie znajdują się dwa gniazda antenowe SO-239 dla dwóch anten nadawczo-odbiorczych lub oddzielnie dla anteny nadawczej i odbiorczej, gniazdka SMA do podłączenia transwertera i generatora częstotliwości wzorcowej, gniazdka mikrofonu i klucza telegraficznego, wyjście sygnału PTT, gniazda USB, pomocnicze (np. do sterowania preselektorem) i zasilania. FDM-DUO wymaga zasilacza 13,8 V / 2,5 A.

Bez współpracy z komputerem radiostacja pracuje emisjami SSB (USB, LSB), CW, AM i FM, a w połączeniu z komputerem możliwy jest dodatkowo odbiór szerokopasmowej modulacji FM (radiofonii UKF, także stereofonicznie i z dekodowaniem danych RDS), odbiór DRM, RTTY i synchroniczny odbiór AM. Odbiór radiofonii UKF wymaga jednak użycia konwertera częstotliwości.

Do połączenia z komputerem służą trzy złącza USB 2.0, z których jedno jest przeznaczone do sterowania radiostacją, czyli służy jako złącze CAT, drugie dostarcza strumieni danych I/Q (synfazowego

i kwadraturowego) do dalszej obróbki komputerowej przez programy SDR, a na trzecim dostępny jest zwykły podsystem dźwiękowy wykorzystywany przy pracy emisjami cyfrowymi przy użyciu typowych programów terminalowych jak Fldigi, MultiPSK, MixW i podobnych. Protokół komunikacyjny na złączu CAT odpowiada stosowanemu przez TS-480. Kilka przykładów połączenia radiostacji w pracy autonomicznej różnymi rodzajami emisji i współpracy z komputerem przedstawiają ilustracje 8.3– 8.5. Dalsze rozwiązania podano w instrukcji obsługi sprzętu.



Rys. 8.3. Połączenia przy pracy autonomicznej fonią lub telegrafią



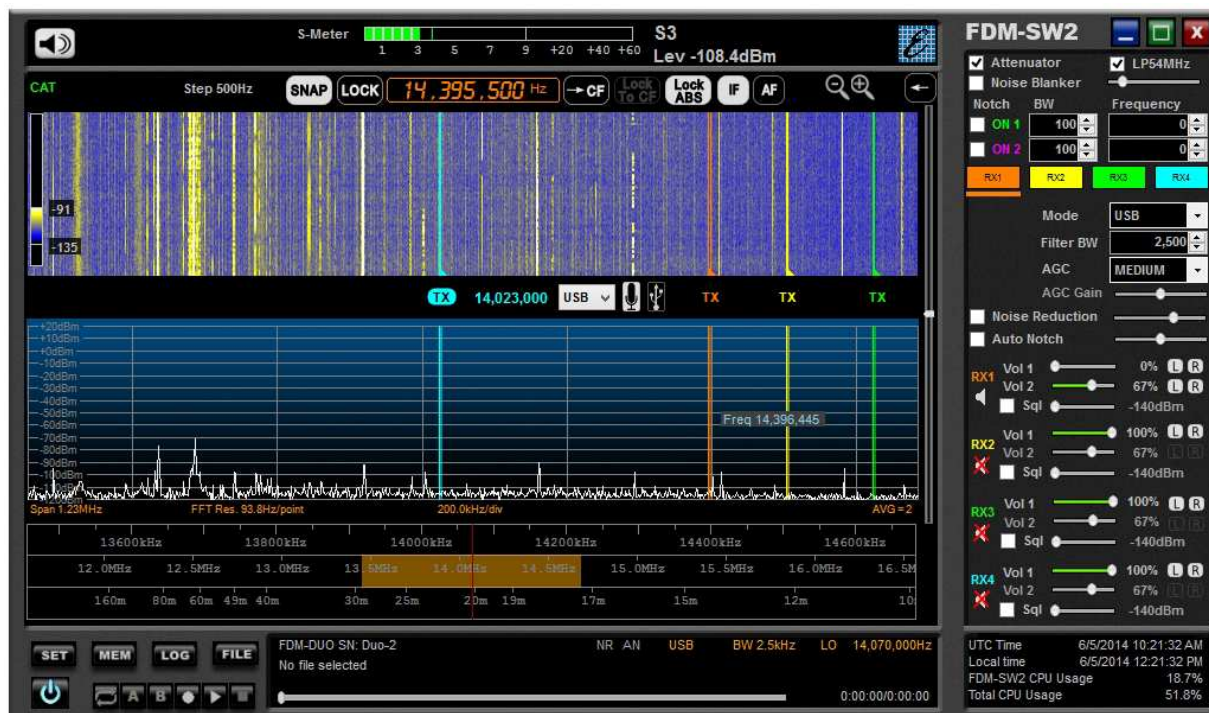
Rys. 8.4. Połączenia przy pracy autonomicznej emisjami cyfrowymi PSK/RTTY/JT/SSTV itd.

Cyfrową obróbkę sygnałów na PC zapewnia program FDM-SW2 – dla Windows – wchodzący wraz z mikrofonem, kablami USB, m.c.z. i zasilania w skład standardowych akcesoriów. Na dysku CD

oprócz wymienionego programu znajdują się instrukcje obsługi po włosku i angielsku. W witrynie producenta dostępne są aktualne wersje oprogramowania i sterowniki.



Rys. 8.5. Połączenia przy współpracy z komputerem z pojedynczym zakresem do 6 MHz lub z dwoma do 384 kHz



Fot. 8.6. Okno programu FDM-SW2

Program FDM-SW2 pozwala na korzystanie z 9 odbiorników wirtualnych (równoległych kanałów odbiorczych). Wyświetlane na wskaźniku wodosпадowym pasmo ma, wybraną przez użytkownika, szerokość od 192 do 6144 kHz. Okno główne programu przedstawiono na rys. 8.6.

Krótkofalowcy włoscy wypróbowali nawet połączenie przenośnych komputerów androidowych z FDM-DUO za pomocą kabla przejściowego USB-FTDI własnej konstrukcji, podłączonego do gniazda „EXTio” radiostacji. Pozwalało to na obserwację widma o szerokości 192 kHz na ekranie komputera ale przy bardzo ograniczonych możliwościach sterowania radiostacją.

W testach pozytywnie oceniano zarówno parametry jak i łatwość obsługi odbiornika, nie wymagającej częstego korzystania z instrukcji. Wszystkie najczęściej potrzebne funkcje są stosunkowo łatwo dostępne za pomocą elementów obsługi, tor nadawczy można wyłączyć w menu i korzystać z FDM-DUO jako z bardzo dobrego odbiornika DX-owego.



Fot. 8.7. Konstrukcja wewnętrzna i płyta czołowa



Fot. 8.8. Wzmacniacz mocy DUO-ART (zdjęcie producenta)

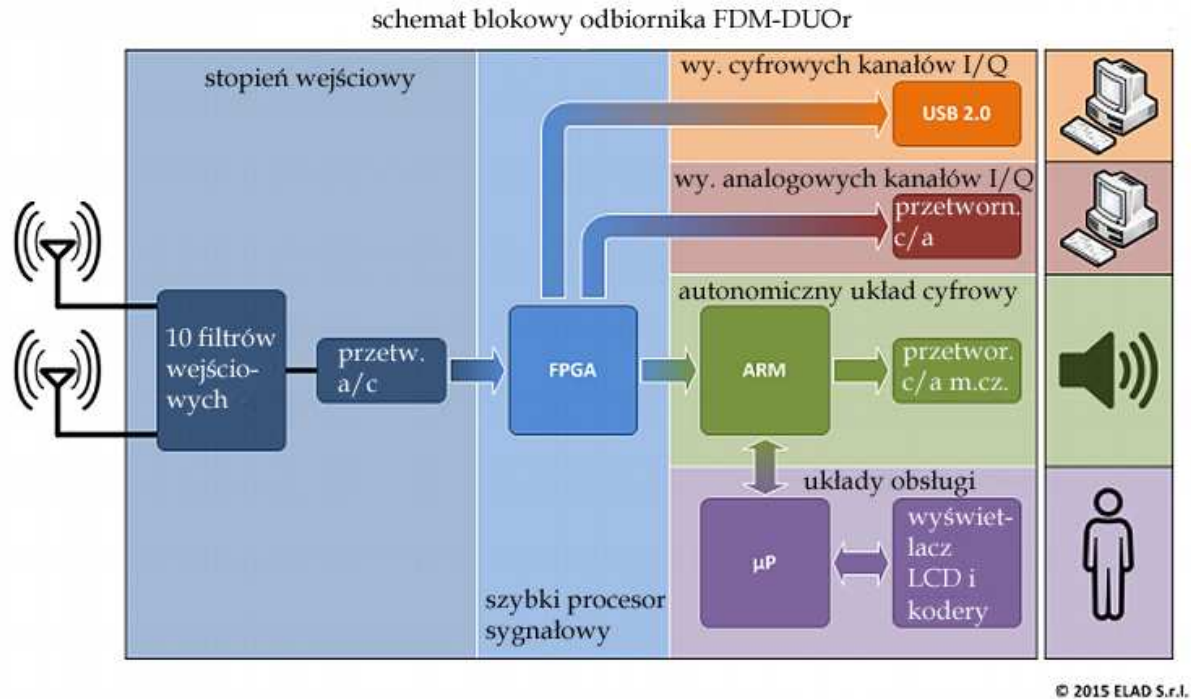


### 8.1. Odbiornik „FDM-DUOr”

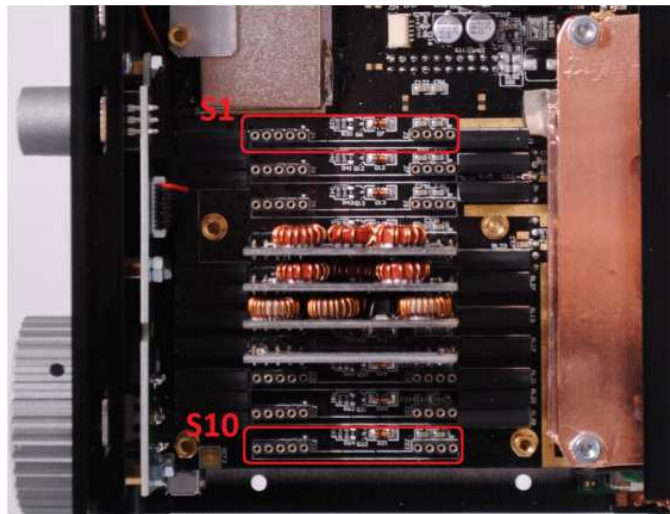
Odbiornik z wyglądu przypomina radiostację FDM-DUO i również można z niego korzystać autonomicznie bez pomocy komputera. Posiada on 10 gniazd dla dodatkowych przełączanych filtrów wejściowych. Zakres odbioru rozciąga się od 10 kHz do 54 MHz. Posiada on dwa gniazda antenowe, gniazdko SMA do podłączenia generatora wzorcowego i 9-kontaktowe gniazdko do sterowania urządzeniami dodatkowymi. Program służący do obsługi przez komputer umożliwia korzystanie z czterech odbiorników programowych równolegle. Do współpracy z innymi programami tego typu jak *SDR#*, *HSDR*, *SDR-Radio* itp. dostępna jest biblioteka DLL zgodna ze standardem ExtIO. Osiągane wyniki odbioru są zbliżone do odbiornika „Perseus”, w górnej części zakresu FDM-DUOr wykazuje większą czułość.

Tabela 8.1.1  
Najważniejsze parametry odbiornika

Zakres odbioru	10 kHz – 54 MHz, nieoficjalnie do 108 MHz
Gniazda antenowe	2 x PL
Wejście częstotliwości wzorcowej	SMA, 10 MHz
Demodulowane emisje (bez PC)	CW, USB, LSB, AM, FM
Demodulowane emisje (z PC)	CW, USB, LSB, AM, detektor synchroniczny AM, FM, WFM, DRM
Szerokości pasma AM	5 – 12 kHz
Szerokości pasma SSB	1,6 – 6 kHz, dla transmisji danych 300 – 1000 Hz
Szerokości pasma CW	300 – 1000 Hz
ARW	szybka, średnia, wolna i ręczna regulacja wzmocnienia, próg regulowany 10-stopniowo
Dodatkowe funkcje	cyfrowa redukcja szumów, eliminator zakłóceń impulsowych, automatyczny podwójny filtr zaporowy (ang. <i>autonotch</i> )
Przetwornik analogowo-cyfrowy	LTC2165, 16 bitów, 122,88 MHz
Szumy fazowe	-136 dBc@100 kHz, -130 dBc@10 kHz
Pasma kanałów I/Q	192 kHz
Tłumik	10/20/30 dB
Tłumienie sygnałów lustrzanych	>100 dB
Gniazda antenowe	2 x SO-239, oddzielne dla zakresu KF i pasma 6 m
TCXO	10 MHz, wejście dla sygnału wzorcowego
Sterowanie przez złącze CAT	USB 2.0
Liczba pamięci	199
Napięcie zasilania	13,8 V +/-10%
Pobór prądu	500 mA
Wyjście I/Q	USB 2.0
Wymiary	180 x 155 x 70 cm
Masa	ok. 1200 g



Rys. 8.1.1. Schemat blokowy odbiornika (materiały producenta)



Fot. 8.1.2. Gniazda dodatkowych filtrów

Manipulator (miniaturowy panel obsługi) TM-2 współpracuje z wieloma programami dla odbiorników i radiostacji programowalnych, takimi jak: FDM-SW1, FDM-SW2, SDR-Radio, HPSDR PowerSDR, PowerSDR itd. Jest on wyposażony w trzy gałki i sześć klawiszy dzięki czemu obsługa sprzętu za pomocą programu staje się bardziej podobna do bezpośredniej przy użyciu wbudowanych elementów. Funkcje elementów TM-2 są zależne od typu i możliwości stosowanego programu. Manipulator jest podłączany do komputera za pośrednictwem złącza USB, które służy również do jego zasilania.



Fot. 8.1.3. Pomocniczy panel sterowania TM-2 (zdjęcie: Wimo)



Fot. 8.1.4. Głośnik SP-1 do FDM-DUO ma impedancję  $4 \Omega$  i maksymalną moc m.cz. 10 W

Głośnik SP-1 jest zasilany napięciem stałym 12 – 15 V, ma wymiary 135 x 100 x 130 mm i masę 1100 g. Posiada on włączany klawiszem filtr aktywny, sygnalizację trybu pracy za pomocą diod świecących i przycisk wyciszania. W przypadku nie korzystania z filtra głośnik pracuje też bez zasilania.

## 9. Radiostacja IC-7300 na pasma KF, 6 m i 4 m

IC-7300 jest radiostacją klasy popularnej, co znalazło odbicie w jej korzystnej cenie. Jej schemat blokowy jest zasadniczo podobny do innych rozwiązań trzeciej generacji takich jak Flex, Anan itp. Większość z tych modeli wymaga jednak połączenia z komputerem za pomocą złącza USB lub Ethernetu na czas pracy.



Fot. 9.1. Płyta czołowa radiostacji

IC-7300 pracuje autonomicznie, do obsługi posiada własny kolorowy ekran dotykowy ale może być także połączona z komputerem PC za pośrednictwem złącza USB. W skład standardowego wyposażenia wchodzi oprócz drukowanej instrukcji obsługi także dysk CD z oprogramowaniem sterującym oraz mikrofon elektretowy HM-219, kabel zasilający z wtyczką 4-kontaktową identyczny jak w innych nowszych modelach, trzy zapasowe bezpieczniki, krótki kabelek zakończony 13-kontaktową wtyczką DIN oraz wtyczki stereofoniczne 6,35 i 3,5 mm.

Po podłączeniu zasilania, anteny i mikrofonu autor testu mógł w krótkim czasie przeprowadzić pierwsze łączności foniczne bez korzystania z instrukcji obsługi. Pewną pomocą w tym były jednak doświadczenia zdobyte w pracy na IC-7100.

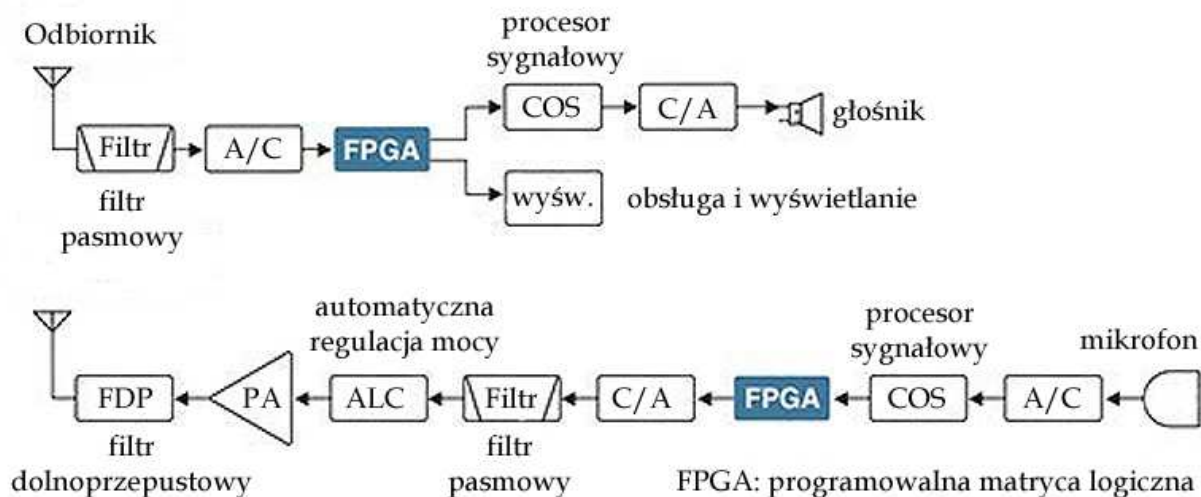
W wersji europejskiej IC-7300 pokrywa nie tylko pasma krótkofalowe i 6 m ale także i 4 m.

Odbiornik pracuje z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową i cyfrową obróbką sygnałów na programowalnej matrycy FPGA typu EP4CE55F2317N i na procesorze sygnałowym TMS320C6745 (tym samym co w IC-7100, a więc i zestaw funkcji jest podobny). We wzmacniaczu mocy pracują dwa tranzystory typu RD70VHF1 – również identycznie jak w IC-7100.

Pierwsze wrażenia były bardzo pozytywne: bardzo dobra jakość odbieranego głosu, raporty potwierdzające dobrą jakość głosu nadawanego, łatwość obsługi i łatwość znalezienia najczęściej używanych funkcji i elementów. Barwę dźwięku można zresztą skorygować w menu. Część funkcji jest dostępna przez ekran dotykowy, a do nawigacji w menu służy wielofunkcyjna gałka umieszczona po prawej górnej stronie ciekłokrystalicznego ekranu o przekątnej 109 mm.

Liczba elementów na przedniej ściance jest stosunkowo niewielka i są one podpisane w zrozumiałym sposób. Po lewej stronie wyświetlacza znajduje się gałka do płynnej regulacji położenia zboczy filtra p.c. („Twin PBT”), gałka regulacji siły głosu i blokady szumów, szczelina dla modułów pamięciowych SD oraz gniazdka mikrofonowe i słuchawkowe. Poniżej wyświetlacza umieszczonych jest pięć klawiszy związanych z funkcjami menu. Ekspozowane miejsce po prawej stronie zajmuje gałka strojenia, a nad nią umieszczonych jest 9 klawiszy: RIT, wyboru komórek pamięci, zmiany VFO A lub B i odstępu częstotliwości nadawania i odbioru. Obok nich leży z kolei wspomniana już gałka wielofunkcyjna, przycisk XFC (sprawdzania częstotliwości nadawania), wskaźniki nadawania i odbioru, strojenia, blokady itd. Na tylnej ściance dominuje wentylator chłodzący, a po jego lewej stronie znajdują się gniazda

zasilanie i antenowe. Po prawej stronie znajdują się natomiast gniazdo sterujące zewnętrzną skrzynką antenową, gniazdo ALC i sterowania dla wzmacniaczy mocy innych firm, gniazdko dla klucza telegraficznego, zdalnego sterowania (DIN), głośnikowe i gniazdko USB do połączenia z komputerem. Radiostacja ma stosunkowo niewielkie wymiary 240 x 238 x 95 mm i masę 4,1 kg.



Rys. 9.2. Schemat blokowy IC-7300

### Praca w eterze

Jak już wcześniej wspomniano uruchomienie i przeprowadzenie pierwszych łączności nie sprawiło autorowi testu żadnej trudności. Wszyscy, którzy nie mieli dotąd do czynienia z nowszymi modelami Icoma poradzą sobie łatwo po zapoznaniu się z podręczną instrukcją obsługi. Szczegółowa instrukcja w formacie PDF, o ponad dwukrotnie większej objętości znajduje się na dysku CD i jest też dostępna do pobrania z Internetu.

Folia chroniąca ekran przed zadrapaniem utrudnia korzystanie z niektórych funkcji i dlatego lepiej ją usunąć. Zmiany pasm pracy dokonuje się na ekranie. Po dotknięciu pozycji MHz wyświetlane jest menu kontekstowe zawierające ich wybór. Wybranie tego samego pasma powoduje przejście do drugiego rejestru podręcznego, a dłuższe przyciśnięcie tej pozycji – do trzeciego. Krok strojenia jest zależny od wybranej emisji. Dla SSB dotknięcie pozycji kHz na ekranie powoduje domyślnie strojenie z krokiem 1 kHz. Po naciśnięciu i przytrzymaniu przez co najmniej sekundę wyświetlane jest menu kontekstowe służące do wyboru kroku strojenia. Dłuższe naciśnięcie pozycji Hz powoduje zmianę kroku precyzyjnego strojenia z domyślnych 10 Hz na 1 Hz.

Po dotknięciu pozycji MHz i naciśnięciu przycisku F-INP na ekranie wyświetlana jest klawiatura numeryczna pozwalająca na bezpośrednie wprowadzenie częstotliwości pracy. Na zakończenie należy wówczas nacisnąć przycisk ENT. W celu zmiany emisji należy nacisnąć obszar, w którym jest wyświetlana i wybrać pożądaną pozycję z menu kontekstowego. W podobny sposób zmienia się także inne parametry pracy.

Gałka wielofunkcyjna („MULTI”) położona w pobliżu górnego prawego rogu ekranu jest ważnym i wygodnym elementem obsługi. Jej naciśnięcie powoduje wyświetlenie szeregu parametrów po prawej stronie ekranu. Ich zbiór jest zależny od trybu pracy i przykładowo dla emisji SSB zawiera moc nadawania i regulację wzmocnienia toru modulacji. Ustawienia zmieniają się przez dotknięcie odpowiednich obszarów na ekranie i obrót gałki wielofunkcyjnej. Przy pracy telegraficznej oprócz regulacji mocy i częstotliwości tonu dudnieniowego możliwa jest zmiana szybkości telegrafowania z krokiem 1 sł./min.

Radiostacja posiada 8 pamięci dla tekstów telegraficznych. Są one wywoływane za pomocą klucza bocznego podłączonego do gniazdko na tylnej ścianie. Do wprowadzania i modyfikacji tekstów służą odpowiednie punkty menu. W tekstach może być zawarty także stan automatycznego licznika QSO przydatnego w zawodach.

Przy pracy telegraficznej możliwy jest podsłuch między słowami („semi bk”) lub między znakami („full bk”). W tym drugim przypadku przełącznik antenowy powoduje jednak nieprzyjemny hałas, który można zneutralizować przez założenie słuchawek.

### Dalekopisy i emisje cyfrowe

IC-7300 posiada wbudowany dekodery RTTY i pamięci tekstów, co pozwala na pracę bez użycia komputera. Oczywiście możliwe jest także korzystanie z komputera, jak w każdym innym modelu radiostacji. Praca RTTY lub innymi emisjami cyfrowymi może odbywać się w klasyczny sposób z wykorzystaniem ogólnie znanych układów sprzęgających komputer z radiostacją – w tym przypadku poprzez gniazdko pomocnicze ACC na tylnej ścianie. Włączenie transmisji danych USB-D uzyskuje się przez dłuższe naciśnięcie punktu USB w menu wyboru emisji.

Drugim sposobem jest połączenie IC-7300 z komputerem za pośrednictwem kabla USB. Wymaga to uprzedniego zainstalowania sterownika Icoma ale oprócz połączenia dla sygnałów cyfrowych do dyspozycji jest także kanał zdalnego sterowania CAT (przykładowo za pomocą fabrycznego programu RS-BA1). Konfiguracji obu połączeń dokonuje się w menu.



Fot. 9.3. Odbiór RTTY

### Menu

Menu radiostacji jest wprawdzie wielopoziomowe, ale punkty najbardziej potrzebne są łatwo osiągalne. Są one też dostatecznie dokładnie opisane w podręcznej instrukcji obsługi. Niektóre rzadziej lub jednorazowo używane punkty są przedstawione szczegółowo w pełnej instrukcji.

Instrukcja podstawowa porusza dokładnie takie sprawy, jak praca przez przemienniki, wyświetlanie widma na wskaźniku, strojenie anteny, korzystanie z pamięci SD, nagrywanie i odtwarzanie dźwięku, praca dalekopisowa itp.

### Ekran dotykowy

Ekran daje jasny i wyraźny obraz i w zależności od ustawień pozwala na dodatkowe wyświetlanie widma lub wodospadu w.cz. oraz sygnału m.cz. (audioskopu). Wyświetlane treści są zależne w pewnym stopniu od wybranej emisji, przykładowo dla telegrafii zamiast widma wyświetlane są parametry klucza elektronicznego.

Dostrojenie się do sygnału widocznego na wskaźniku wodospadowym wymaga tylko jego dłuższego dotknięcia na ekranie. W trakcie odbioru SSB widmo sygnału jest wyświetlane symetrycznie w stosunku do środka kanału, a nie w odniesieniu do (prawidłowo wskazywanej powyżej) częstotliwości wytłumionej nośnej, co może powodować początkowo pewne niejasności.

### Wbudowana skrzynka antenowa

Układ dostrojenia anteny pracuje w pasmach 1,8 – 50 MHz i zapewnia prawidłowe dopasowanie dla WFS nie przekraczających 3:1. Dla WFS nie przekraczających 1:1,5 dostrojenie uzyskuje się przeciętnie w ciągu 2–3 sekund. W przypadku korzystania z parametrów zapisanych w pamięci czas ten skraca się nawet do 100 ms. W trybie specjalnym możliwe jest awaryjne dopasowanie nawet przy WFS dochodzącym do 1:10 ale po ograniczeniu mocy nadawania do 50 W.

### Podsumowanie

Pomimo przynależności do klasy popularnej IC-7300 jest wyposażona w szereg funkcji dostępnych przeważnie dotąd w sprzęcie wyższej klasy. Użytkownicy obeznani już ze sprzętem Icoma mogą się szybko oswoić z obsługą, nawet nie korzystając z instrukcji. Pozostali znajdą bardzo szybko odpowiedzi na pytania i wątpliwości w załączonej instrukcji drukowanej. Ogólnie rzecz biorąc po dokonaniu podstawowych ustawień zgodnie z potrzebami i upodobaniami operatora obsługa jest prosta i intuicyjna.

Otrzymywane od korespondentów raporty były bardzo dobre. Również jakości odbieranego dźwięku nie można było nic zarzucić. Także komentarze na forach internetowych były w przeważającej części pozytywne i przyrównujące IC-7300 do urządzeń o dwukrotnie wyższej cenie. Radiostacja może stać się cennym uzupełnieniem posiadanego wyposażenia zapewniając funkcjonalność sprzętu programowalnego (SDR) bez komplikacji związanych z instalacją oprogramowania na komputerze i połączeniem z nim.

Głosy krytyczne na forach internetowych podkreślały brak drugiego odbiornika (ale w urządzeniu tej klasy można się z tym faktem pogodzić), wyższy niż np. w IC-7600 poziom szumów własnych i bardziej skomplikowany dostęp do rejestrów (pamięci) podręcznych.

Możliwość pracy autonomicznej bez konieczności korzystania z komputera ułatwia wejście sprzętu programowalnego do użytku u osób, którym nie bardzo pasują czarne skrzynki obsługiwane myszą. Test IC-7300 jest tłumaczeniem z poz. [9.1] z nieznacznymi uzupełnieniami z innych źródeł.

Tabela 9.1

Najważniejsze parametry IC-7300

Parametry ogólne		
Zakresy częstotliwości		w MHz
	Odbiornik	0,030 – 74,800 2)
	Nadajnik	1,800 – 1,999; 3,500 – 3,800; 7,000 – 7,200; 10,000 – 10,150; 14,000 – 14,350; 18,068 – 18,168; 21,000 – 21,450; 24,890 – 24,990; 28,000 – 29,700; 50,000 – 52,000; 70,000 – 70,500
1) pasmo 70 MHz dostępne w wersji europejskiej, granice zakresów są zależne od lokalnych wersji 2) parametry gwarantowane z pasmach 0,500 – 29,999, 50,000 – 54,000 i 70,000 – 70,500 MHz		
Emisje		SSB, CW, RTTY, AM, FM
Liczba pamięci		101 (99 zwykłych i 2 dla granic przeszukiwanego zakresu)
Gniazdo antenowe		SO-239 – 50 Ω
Napięcie zasilania		13,8 V ±15 %
Pobór prądu	Tx	21 A (przy mocy wyjściowej 100 W)
	RX	0,9 A (w stanie gotowości), 1,25 A (przy maksymalnej sile głosu)
Zakres temperatur pracy		-10°C – +60°C

Stabilność częstotliwości		< 0,5 x 10 <sup>-6</sup> w zakresie temperatur -10°C – +60°C			
Krok strojenia		1 Hz			
Wymiary (szer. x wys. x głęb.)		240 x 94 x 238 mm			
Masa		ok. 4,2 kg			
<b>Nadajnik</b>					
Moc wyjściowa	SSB, CW, FM, RTTY AM	2 – 100 W (KF/50 MHz), 2 – 50 W (70 MHz) 1 – 25 W (KF/50 MHz), 1 – 12,5 W (70 MHz)			
Modulator	SSB AM FM	cyfrowa metoda fazowa (ang. <i>digital PSN</i> ) cyfrowa na niskim poziomie mocy cyfrowy modulator reaktancyjny			
Niepożądane emisje	pasma KF 50 MHz 70 MHz	< -50 dB < -63 dB < -60 dB			
Tłumienie nośnej		> 50 dB			
Tłumienie drugiej wstęgi bocznej		> 50 dB			
Impedancja mikrofonu		600 Ω			
<b>Odbiornik</b>					
Zasada pracy		Superheterodyna z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową			
Częstotliwość pośrednia (p.cz.)		36 kHz			
Czułość 3)		0,5 – 1,8 MHz	1,8 – 29,995 MHz	pasmo 50 MHz	pasmo 70 MHz
	SSB/CW (2,4 kHz, 10 dB sygnał/szum)	–	0,16 μV	0,13 μV	0,16 μV
	AM 6 kHz, 10 dB sygnał/szum)	12,6 μV	2,0 μV	1,0 μV	1,0 μV
	FM (15 kHz, 12 dB SINAD)	–	0,5 μV (28,0 – 29,7 MHz)	0,25 μV	0,25 μV
3) na KF włączony przedwzmacniacz 1; 50/70 MHz – przedwzmacniacz 2					
Próg blokady szumów 3)		SSB: poniżej 5,6 μV; FM: poniżej 0,3 μV			
Selektywność (dla filtru „Sharp”)		minimalna szerokość		maksymalna szerokość	
	SSB (pasmo 2,4 kHz)	2,4 kHz/-6 dB		3,4 kHz/-40 dB	
	CW (pasmo 500 Hz)	500 Hz/-6 dB		700 Hz/-40 dB	
	RTTY (pasmo 500 Hz)	500 Hz/-6 dB		800 Hz/-40 dB	
	AM (pasmo 6 kHz)	6,0 kHz/-6 dB		10 kHz/-40 dB	
	FM (pasmo 15 kHz)	12,0 kHz/-6 dB		22 kHz/-40 dB	
Tłumienie sygnałów lustrzanych i niepożądanych	KF 50/70 MHz	> 70 dB > 70 dB (z wyłączeniem sygnałów lustrzanych przemiany a-c)			
Moc wyjściowa m.cz.		> 2,5 W (przy 10 % zniekształceń, obciążeniu 8 Ω, częstotliwości 1 kHz)			
<b>Układ dopasowania anteny</b>					
Zakres częstotliwości pracy		pasma 1,9 – 70 MHz			
Zakres dopasowywanych impedancji		16,7 – 150 Ω niesymetr. (WFS 1:3)			
Dokładność dopasowania		Uzyskiwany WFS ≤ 1:1,5			
Czas dostrajania		2 – 3 sekundy (maks. 15 sekund)			

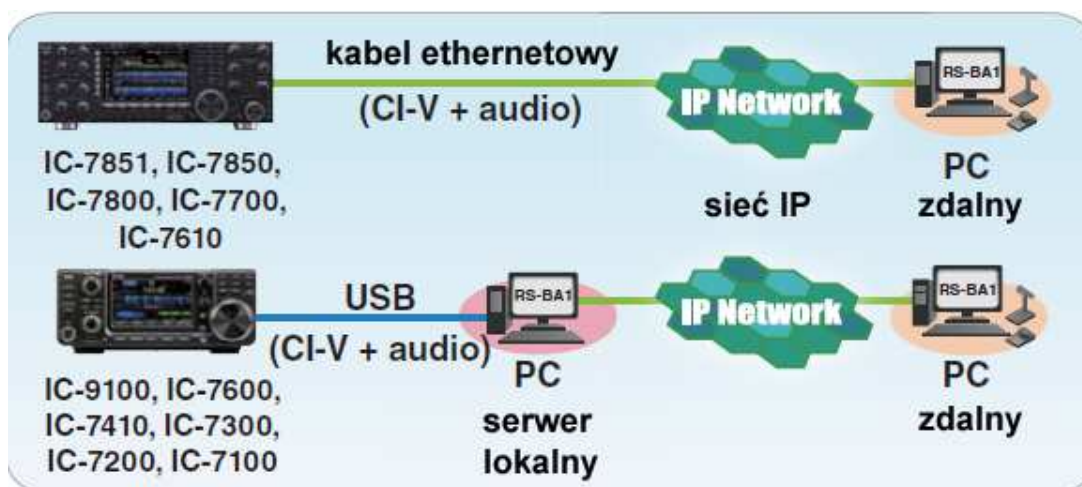




Fot. 9.4. Okno główne programu RS-BA1 (w wersji 2) do zdalnej obsługi radiostacji Icoma w sieci lokalnej lub przez Internet. Na czerwono wyróżnione funkcje dodatkowe w stosunku do wersji 1



Fot. 9.5. Gałka RC-28 do zdalnej obsługi przy użyciu RS-BA1



Rys. 9.6. Użycie RS-BA1 w wersji 2 w sieci

## 9.1. Odbiornik IC-R8600

Konstrukcja odbiornika IC-R8600 jest oparta o rozwiązanie radiostacji IC-7300. W zakresie do 30 MHz pracuje on jako odbiornik z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową. Powyżej 30 MHz do 1100 MHz stosowana jest podwójna przemiana częstotliwości, a między 1100 i 3000 MHz – przemiana potrójna. Odbiornik posiada 11 automatycznie przełączanych filtrów wejściowych na KF i 13 w pasmach wyższych. Punkt przecięcia trzeciego rzędu w paśmie 14 MHz wynosi +30 dB, na 144 MHz +10 dB, a na 440 MHz – 0 dB. Producent podaje zakres dynamiki 105 dB.

Do obsługi służy kolorowy ekran dotykowy o wymiarach 3 x 4 cale oprócz klasycznych gałek i przycisków. IC-R8600 jest wyposażony w dekodery niektórych emisji cyfrowych i cyfrowego dźwięku, w tym systemu D-STAR. Odbiornik jest wyposażony w kieszeń dla modułów pamięciowych SD do nagrywania odbieranych sygnałów.

Korzystanie ze sterowania przez HSDR na komputerze ułatwia biblioteka ExtIO.dll. Odbiornik można udostępnić zarówno w sieci lokalnej jak i w Internecie.



Fot. 9.1.1. IC-R8600

## 9.2. Test IC-7300

Skrócone tłumaczenie testu z poz. [9.2] jest tylko uzupełnieniem do zamieszczonego powyżej. Jego autor zwraca uwagę na rozwój techniki cyfrowej obróbki sygnałów w sprzęcie nadawczo-odbiorczym pozwalający na konstruowanie urządzeń pracujących autonomicznie bez konieczności połączenia z komputerem i przez to na pierwszy rzut oka nie różniących się od rozwiązań klasycznych czysto sprzętowych. Cyfrowa obróbka sygnałów pozwala na filtrację odbieranych sygnałów za pomocą filtrów o bardzo stromych i regulowanych zboczach, eliminację lub przynajmniej znaczne wytłumienie szumów i demodulację oraz dekodowanie różnych emisji, co byłoby znacznie trudniejsze w rozwiązaniach sprzętowych. Tor nadawczy pracuje w sposób odwrotny, z sygnału cyfrowego tworzony jest w przetworniku cyfrowo-analogowym analogowy sygnał nadawczy. W odróżnieniu od jeszcze niedawno rozpowszechnionych rozwiązań generujących i przetwarzających strumienie danych I (synfazowy) i Q (kwadraturowy) w odbiorniku sygnał z anteny podlega po wstępnej filtracji przetworzeniu na postać cyfrową, a generowany w nadajniku sygnał cyfrowy dla wybranego rodzaju modulacji jest przetwarzany na końcu toru na postać analogową i wzmacniany dla uzyskania niezbędnej mocy wyjściowej. Wiele nowoczesnych rozwiązań posiada wbudowane procesory sygnałowe (oparte często, jak w IC-7300, na programowalnych matrycach logicznych FPGA) i elementy obsługi, dzięki czemu nie wymaga korzystania z komputerów PC. IC-7300 nie jest wyposażony w wyjście strumieni IQ.

Podstawowa obsługa IC-7300 jest stosunkowo łatwa, tak że możliwe jest wyjście w eter w stosunkowo krótkim czasie bez korzystania z instrukcji obsługi. Autor testu potrzebował na to tylko 10 minut od

włączenia zasilania. Oczywiście skorzystanie z bardziej zaawansowanych funkcji wymaga jednak zapoznania się z instrukcją.

Jakość dźwięku odbieranego jest bardzo dobra, podobnie zresztą jakość nadawanego sygnału m.cz. Pozytywną ocenę zyskały też czułość i selektywność odbiornika. Jedyne w wyjątkowych przypadkach konieczne było skorzystanie z przedwzmacniacza.

IC-7300 jest wyposażony w funkcję IP+ zwiększającą odporność odbiornika na modulację skrośną przez podanie na niego pomocniczego sygnału szumowego. Funkcja ta powoduje pewien wzrost poziomu szumów własnych i obniżenie czułości. Najlepsze efekty uzyskuje się przy włączeniu przedwzmacniacza 1. Przy odbiorze słabych sygnałów korzystne może być wyłączenie funkcji IP+, a ogólnie rzecz biorąc przedwzmacniacz warto włączać tylko w razie wyraźnej potrzeby.

Zakresy dynamiki ograniczone przemianą zwrotną i blokowaniem odbiornika można uznać za bardzo dobre. Odbiornik i tor nadawczy posiadają też własne regulacje barwy dźwięku oddzielnie dla tonów niskich i wysokich.

Eliminator szumów pracuje bardzo skutecznie, a charakterystykę ARW można dobierać w szerokich granicach.

Szerokości pasma i stromość zboczy filtrów są nastawiane na ekranie dotykowym. Parametry wbudowanego klucza elektronicznego są regulowane w szerokim zakresie, a 8 pamięci dla komunikatów ułatwia pracę telegrafią. Analogicznie istnieją też pamięci dla krótkich komunikatów głosowych.

Wskazania miernika siły sygnału przy S9 odpowiadają normie (50  $\mu$ V), ale zamiast standardowej różnicy 6 dB na stopień w IC-7300 wynosi ona tylko 3 dB. Stopień dokładności wskazań w wielu innych urządzeniach też pozostawia zresztą wiele do życzenia. Często też wskazania miernika zmieniają się po włączeniu przedwzmacniacza albo tłumika, chociaż powinny pozostać stałe gdyż dotyczą (teoretycznie przynajmniej) poziomu sygnału na wejściu antenowym.

Sygnał nadawany jest czysty, ma niski poziom szumów i składowych powstających w wyniku kluczenia. Nie zaobserwowano też przewyższeń mocy wyjściowej przy kluczeniu telegraficznym, co jest bolączką wielu innych radiostacji, ale pewne efekty tego typu są widoczne na SSB, przy pierwszej sylabie głosu. Zbyt duże przewyższenia mogą spowodować przesterowanie lub nawet uszkodzenie dodatkowego wzmacniacza mocy.

Po przejściu z nadawania na odbiór sygnał w.cz. jest nadawany jeszcze przez 3 ms, co w przypadku dodatkowych wzmacniaczy mocy może oznaczać szkodliwe przełączanie na gorąco. Czas opóźnienia transmisji przy przejściu na nadawanie (*txdelay*) jest domyślnie nastawiony na 6 ms, ale niektóre wzmacniacze mocy mogą wymagać przedłużenia go do 10 – 15 ms lub nawet więcej (maksimum wynosi 30 ms).

Dokonane ustawienia można zapisać w pamięci SD, co pozwala na sporządzenie profili odpowiadających potrzebom każdego z użytkowników lub dostosowanych do różnych zastosowań i sytuacji. Pamięć SD nie wchodzi w skład standardowych akcesoriów i musi być zakupiona dodatkowo.

IC-7300 jest wyposażony w dekoder RTTY, wskaźnik wodospadowy do obserwacji podzakresu wokół częstotliwości dostrojenia i wyświetlacz współczynnika fali stojącej WFS w wybranym przez operatora podzakresie. Dużym ułatwieniem w pracy RTTY bez użycia komputera są pamięci dla przygotowanych uprzednio komunikatów. Praca innymi emisjami cyfrowymi wymaga połączenia z komputerem za pomocą kabla USB (od strony komputera radiostacja jest widoczna jak dodatkowy podsystem dźwiękowy). Do kluczenia nadajnika dostępne jest równocześnie wirtualne złącze szeregowo COM, którego numer należy odczytać w „Menadżerze urządzeń” i wprowadzić do konfiguracji programu komunikacyjnego. Rozwiązanie oparte o złącze USB jest najprostszym, ale możliwe jest też skorzystanie z klasycznych układów sprzęgających komputer z radiostacją jeżeli są pod ręką.

Ekran dotykowy jest jasny, dobrze czytelny i pozwala na wyświetlanie na nim wielu przydatnych informacji. Do zdalnej obsługi w sieci lokalnej lub przez Internet służy program RS-BA1.

Tabela 9.2.1

Wyniki pomiarów IC-7300 o numerze seryjnym 02001161

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości: odbiór 30 kHz – 74 MHz; nadawanie pasma amatorskie 160 – 6 m	Odbiór i nadawanie: zgodnie z danymi producenta; 60 m – 5,255 – 5,405 MHz, 60 m

Pobór prądu: odbiór 0,9 A (przy zerowej sile głosu), typ. 1,25 A (maks. siła głosu); nadawanie 21 A przy maks. mocy i przy napięciu zasilania 13,8 V +/-15%	Przy zasilaniu 13,8 V, odbiór 1,05 A (przy maks. sile głosu), 18,5 A typ. przy nadawaniu, w stanie wyłączonym 5 mA
Emisje: SSB, CW, AM, FM, RTTY	Zgodnie z danymi producenta
Odbiornik	Dynamiczne badania odbiornika
Czułość dla CW: < 0,16 $\mu$ V (1,8 – 29,999 MHz, włączony przedwzm. 1), < 0,13 $\mu$ V (50 MHz, przedwzm. 1 wł.), < 0,16 $\mu$ V (70 MHz, przedwzm. 1 wł.)	Poziom szumów, pasmo 500 Hz: Przedwzm.   wył.    1    2 (dBm) (dBm) (dBm) 0,137 MHz   -85    -83   -82 0,475 MHz   -96   -116   -118 1,0 MHz      -114   -123   -125 3,5 MHz      -133   -141   -143 14 MHz       -133   -141   -143 28 MHz       -132   -141   -143 50 MHz       -130   -139   -141 z włączoną funkcją IP+ 3,5 MHz      -123   -135   -139 14 MHz       -124   -136   -140 28 MHz       -122   -135   -138
Współczynnik szumów: nie podany	Przedwzm. wył./1/2: 14 MHz, 14/6/4 dB; 50 MHz, 17/8/6 dB
Czułość AM: dla odstepu sygnał/szum 10 dB, < 12,6 $\mu$ V (0,5 – 1,8 MHz, przedwzm. 1 wł.), < 2,0 $\mu$ V (1,8 – 29,999 MHz, przedwzm. 1 wł.), < 1,0 $\mu$ V (50 i 70 MHz, przedwzm. 2 wł.)	Dla odstepu sygnał/szum 10 dB, pasma 9 kHz, modulacji 30% sygnałem 1 kHz: Przedwzm.   wył.    1    2 ( $\mu$ V) ( $\mu$ V) ( $\mu$ V) 1,0 MHz      12,20   4,16   3,71 3,8 MHz      1,64    0,61   0,56 29,0 MHz     1,82    0,66   0,58 50,4 MHz     2,19    0,76   0,66
Czułość FM: 12 dB SINAD, 0,15 $\mu$ V (28 – 29,999 MHz, przedwzm. 1), 0,25 $\mu$ V (50 i 70 MHz, przedwzm. 2)	Dla odstepu 12 dB SINAD, pasma 15 kHz: Przedwzm.   wył.    1    2 ( $\mu$ V) ( $\mu$ V) ( $\mu$ V) 29 MHz       0,50   0,17   0,16 52 MHz       0,62   0,21   0,17
Czułość widmowa: nie podana	Przedwzm. wył./1/2: =100/-114/-118 dB
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 500 Hz +: odstęp 20 kHz    odstęp 5/2 kHz przedwzm. wył/1/2   przedwzm. wył. 3,5 MHz       123/118/116 dB    123/123 dB 14 MHz        123/118/116 dB    123/123 dB 50 MHz        122/118/116 dB    122/122 dB
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną: nie podany	14 MHz, odstęp 20/5/2 kHz, pasmo 500 Hz: przedwzm. wył, IP+ wył:   114/107/101 dB przedwzm. wył., IP+ włącz. 114/108/102 dB

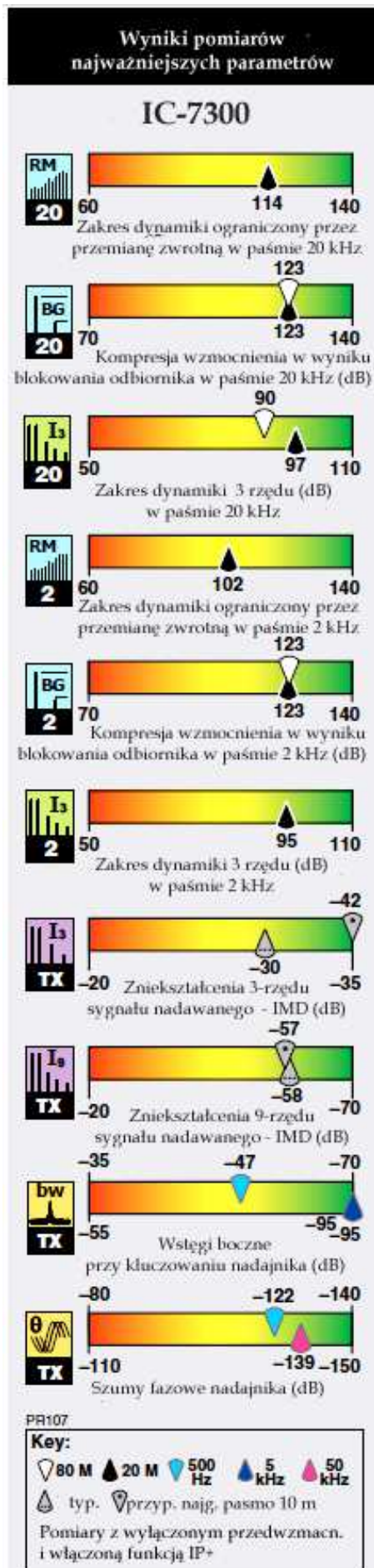
Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 500 Hz)				
Pasmo/przedwzm/IP+	odstęp	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki
3,5 MHz/wył./wył.	20 kHz	-133 dBm -97 dBm	-53 dBm -16 dBm	80 dB
3,5 MHz/wył./wł.	20 kHz	-123 dBm -97 dBm	-33 dBm -16 dBm	90 dB
14 MHz/wył./wył.	20 kHz	-133 dBm -97 dBm	-56 dBm -16 dBm	77 dB
14 MHz/2/wł.	20 kHz	-140 dBm -97 dBm	-40 dBm -39 dBm	102 dB
14 MHz/wył./wył.	5 kHz	-133 dBm -97 dBm	-56 dBm -16 dBm	77 dB
14 MHz/2/wył.	5 kHz	-140 dBm -97 dBm	-40 dBm -16 dBm	100 dB
14 MHz/wył./wył.	2 kHz	-133 dBm -97 dBm	-56 dBm -21 dBm	77 dB
14 MHz/wył./wł.	2 kHz	-124 dBm -97 dBm	-29 dBm -21 dBm	95 dB
14 MHz/1/wył.	2 kHz	-141 dBm -97 dBm	-63 dBm -34 dBm	78 dB
14 MHz/1/wł.	2 kHz	-136 dBm -97 dBm	-36 dBm -34 dBm	100 dB
14 MHz/2/wył.	2 kHz	-143 dBm -97 dBm	-64 dBm -34 dBm	79 dB
14 MHz/2/wł.	2 kHz	-140 dBm -97 dBm	-40 dBm -39 dBm	95 dB
50 MHz/wył./wył.	20 kHz	-130 dBm -97 dBm	-41 dBm -15 dBm	89 dB
50 MHz/2/wł.	20 kHz	-139 dBm -97 dBm	-41 dBm -30 dBm	98 dB
Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz wyłączony/1/2: 14 MHz, +69/+45/+41 dBm; 21 MHz, +65/+67/+67 dBm; 50 MHz, +71/+71/+71 dBm			
Cyfrowa eliminacja szumów: nie podana	Maks. 15 dB			
Moc wyjściowa m.cz.: > 2,5 W na 8 Ω, 10% znieksz. nielin.	Przy 10 % zniekształceń nieliniowych, 2,4 W na 8 Ω, znieksz. przy 1 Vsk, 0,2%			
Tłumienie kanału sąsiedniego FM: nie podane	29 MHz, 82 dB; 52 MHz, 79 dB			
Zakres dynamiki trzeciego rzędu, dwutonowy FM	Odstęp 20 kHz, 29 MHz, 82 dB*; 52 MHz, 79 dB*; odstęp 10 MHz, 29 MHz, 97 dB; 52 MHz, 99 dB			
Próg blokady szumów: SSB, 5,6 μV, FM, < 1 μV	Próg: 1,58 μV 14 MHz (SSB, przedwzm. wył.); 0,08 μV (29 MHz, przedwzm. 2 włączony)			
Tłumienie filtra zaporowego: nie podane	Filtr strojony ręcznie, 52 dB; automatyczny 52 dB (45 dB przy dwóch filtrach), czas włączenia 198 ms przy pojedynczym tonie, 2080 ms przy dwóch			
Czułość miernika siły sygnałów: nie podana	Siła S9, przedwzm. wył./1/2 14 MHz, 70,7/31,2/18,8 μV 50 MHz, 78,4/37,5/24,5 μV			

Charakterystyka częstotliwościowa m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB**: CW (500 Hz): 342 – 860 Hz (pasmo 518 Hz) równoważne pasmo prostokątne: 514 Hz USB (2,4 kHz): 234 – 2632 Hz (pasmo 2398 Hz) LSB (2,4 kHz): 250 – 2656 Hz (pasmo 2406 Hz) AM (9 kHz): 166 – 4477 Hz (pasmo 8622 Hz)
Nadajnik	Dynamiczne badania nadajnika
Moc wyjściowa: 2 – 100 W; 1 – 25 W (AM)	KF, 0,7 – 104 W (typ.); 50 MHz, 05 – 97 W; 70 W typ. przy minimalnym dopuszczalnym napięciu zasilania
Tłumienie harmonicznych i sygnałów niepożądanych: > 50 dB (1,8 – 28 MHz); >63 dB (50 MHz).	KF, typ. 64 dB, w najgorszym przypadku na 160 m 57 dB; 50 MHz, 76 dB
Tłumienie nośnej SSB: > 50 dB	> 70 dB
Tłumienie drugiej (niepożądaney) wstęgi	> 70 dB
Składowe intermodulacyjne: nie podane	3/5/7//9 rzędu, 100 W PEP: KF, -42/-38/-46/-57 dB (typ.) w najgorszym przypadku, 10 m, -30/-37/-44/-58 dB; 50 MHz (100 W), -26/-37/-39/-44 dB 50 MHz (80 W) -33/-37/-44/-62 dB
Szybkość kluczowania CW: nie podana	6 – 48 sł./min, tryb iambic B
Czas przełączania nadawanie-odbiór (od momentu puszczenia przycisku do uzyskania 50% mocy m.cz.): nie podany	Siła S9, ARW szybka, 15 ms: QSK, 35 ms
Czas włączania nadajnik (tx delay): nie podany	SSB, 14 ms; FM, 15 ms (29 i 52 MHz)
Wymiary: 240 x 94 x 238 mm, masa 4,2 kg	
+ Blokowania następuje na progu przesterowania przetwornika a/c, próg identyczny dla włączonej i wyłączonej funkcji IP+	
++ Przy poziomie S5 (=97 dB) nie występowało przecięcie IMD, punkt przecięcia 2 rzędu w odniesieniu do S5	
* Pomiar ograniczony przez szumy własne na podanej wartości	
** Wartości domyślne, szerokość pasma regulowana	

Zarówno w IC-7300 jak i w spokrewnionej z nią pod względem zasady pracy IC-7610 po przekroczeniu progu przesterowania przetwornika a/c odbiór przestaje być praktycznie możliwy. Wszędzie w paśmie odbioru pojawiają się sygnały pasożytnicze. Stan ten jest w obu radiostacjach sygnalizowany przez wskaźnik OVL (ang. *overload*). W tej sytuacji konieczne jest wyłączenie ewentualnie używanych przedwzmacniaczy lub przejście na przedwzmacniacz o mniejszym wzmacnieniu. Konieczne może być też użycie tłumika na wejściu albo dodanie preselektora.

Następna strona

Rys. 9.2.1. Najważniejsze parametry IC-7300



### 9.3. Radiostacja IC-7610

Podobnie jak w IC-7300 zastosowano tu bezpośrednią przemianę analogowo-cyfrową i obróbkę sygnału w programowalnej matrycy FPGA. Dla emisji SSB stosowana jest cyfrowa modulacja PSN, dla AM – cyfrowa modulacja stopnia sterującego i dla FM – cyfrowa modulacja fazy.

Dzięki obniżeniu szumów własnych generatora sterującego VCXO uzyskano zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną wynoszący 110 dB (przy odstępnie sygnałów 2 kHz). Radiostacja posiada dwa niezależne odbiorniki z własnymi preselektorami, filtrami pasmowymi i przetwornikami analogowo-cyfrowymi. Możliwy jest też odbiór pseudostereofoniczny (ang. *binaural*) przy wykorzystaniu obu odbiorników.

IC-7610 jest wyposażona seryjnie w automatyczne obwody dopasowania anteny (dla zakresu częstotliwości 1,9 – 52 MHz i zakresu impedancji 16,7 – 150  $\Omega$ ) i dwa przełączane gniazda antenowe. Oprócz tego jest ona przystosowana do współpracy z transwerterami i posiada wejście dla wysokostabilnego sygnału wzorcowego.

Ekran dotykowy ma przekątną 7 cali, a dzięki wbudowanym dekodery mogą być wyświetlane na nim wodospadowe wskaźniki widma i teksty odebrane emisjami RTTY i PSK31/63. Przy pracy emisjami cyfrowymi można podłączyć dodatkową klawiaturę komputerową.

Odbiornik pokrywa zakres 30 kHz – 60 MHz, a nadajnik pasma amatorskie 2200 m, 160 – 6 m. Moc wyjściowa nadajnika wynosi dla SSB, CW, RTTY, PSK i FM 1 – 100 W, a dla AM – 1– 25 W.

Czułość odbiornika na falach krótkich dla emisji SSB jest równa 0,16  $\mu$ V, a w paśmie 50 MHz – 0,13  $\mu$ V, a dla FM 0,5  $\mu$ V w paśmie 29 MHz i 0,32  $\mu$ V w paśmie 6 m. Poziom składowych niepożądanych w sygnale nadawanym na falach krótkich leży poniżej -50 dB, a w paśmie 6 m – poniżej 63 dB..

Do zdalnego sterowania służą złącze ethernetowe i USB 2.0, a do transmisji strumieni danych IQ – złącze USB 3.0.

Pobór prądu przy nadawaniu wynosi 23 A, a przy odbiorze 3 – 3,5 A dla napięcia zasilania 13,8 V +/- 15%.



Fot. 9.3.1. IC-7610

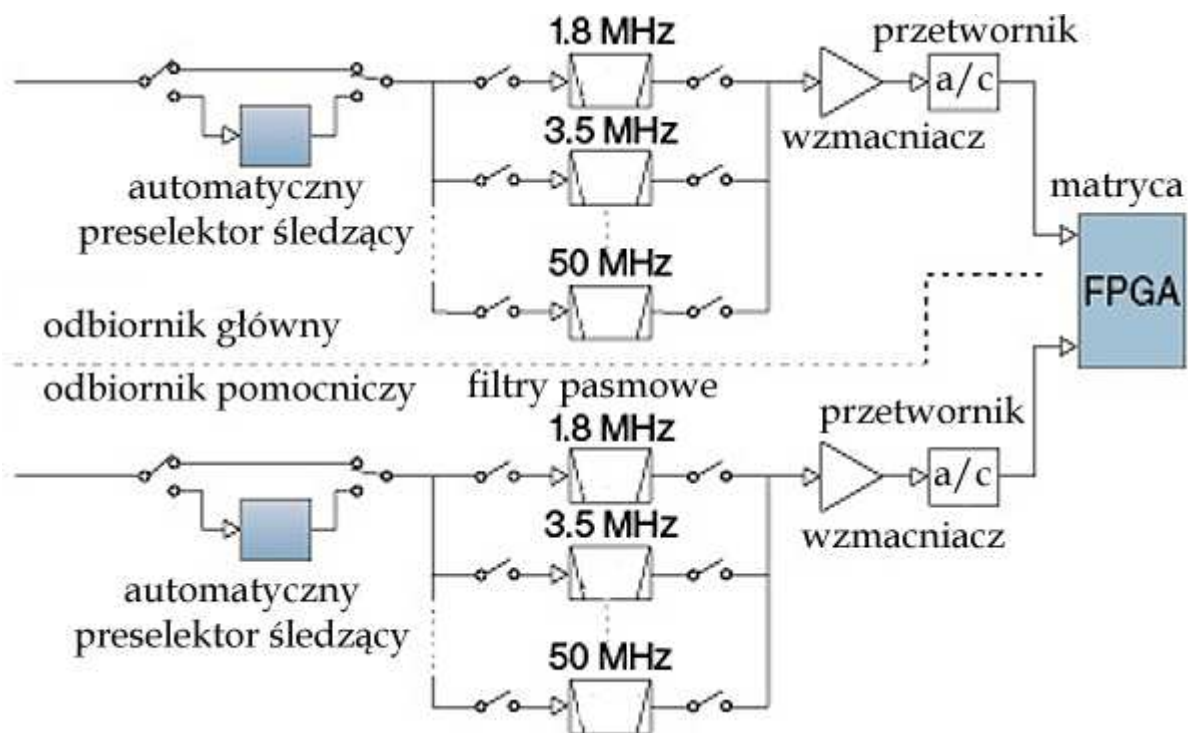
Zdaniem niektórych użytkowników mimo bardzo dobrych parametrów dwukrotnie wyższa cena nie stanowi zachęty do zamiany IC-7300 na IC-7610.



Tabela 9.3.1

Najważniejsze parametry IC-7610

Zakres odbioru	30 kHz – 60 MHz				
Zakres nadawania	Pasma amatorskie 0,1357 – 0,1378 MHz, 1,8 – 50 MHz				
Emisje	USB, LSB, CW, RTTY, PSK31/63, AM, FM				
Liczba pamięci	99 zwykłych i 2 dla granic przeszukiwanego zakresu				
Gniazda antenowe	2 x SO239, dla odbiornika BNC				
Zasilanie	13,8 V +/-15%				
Pobór prądu	Nadawanie (100 W) 23 A, odbiór 3,5 A (maks. siła głosu)				
Zakres temperatur pracy	0 – 50 °X				
Stabilność częstotliwości	poniżej $0,5 \times 10^{-6}$				
Krok strojenia	1 Hz				
Zdalne sterowanie	program RS-BA1				
Wymiary	340 x 118 x 277 mm				
Masa	8,5 kg				
<b>Nadajnik</b>					
Mos wyjściowa (KF, 50 MHz)	SSB/CW/FM/RTTY/PSK 1 – 100 W, AM 1 – 20 W				
Modulacja	SSB cyfrowa PSN AM cyfrowa nośnej niskiej mocy FM cyfrowa reaktancyjna				
Składowe niepożądane	KF < -50 dB; 50 MHz < -63 dB				
Tłumienie nosnej	> 50 dB				
Tłumienie niepożądanego wstęgi	> 50 dB				
Impedancja mikrofonu	600 Ω				
<b>Odbiornik</b>					
Zasada pracy	Bezpośrednia przemiana analogowo-cyfrowa				
Częstotliwość pośrednia	12 kHz				
Czułość 4)	Zakres [MHz]	0,5 – 1,799	1,8 – 29,999	28 – 29,7	50 – 52
	SSB/CW, odstęp sygn./szum 10 dB	–	0,16 μV typ.	–	0,13 μV typ.
	AM, odst. 10 dB	6,3 μV typ.	2,0 μV typ.	–	1,0 μV typ.
	FM, 12 dB SINAD	–	–	0,5 μV typ.	0,32 μV typ.
Próg blokady szumów	SSB < 3,2 μV (z włącz. przedwzmacniaczem) FM < 0,32 μV (z włącz. przedwzmacniaczem)				
Selektywność (filtr o ostro opadających zboczach – poz. „Sharp”)		Powyżej			Poniżej
	SSB, 2,4 kHz	2,4 kHz/-6 dB			3,6 kHz/-60 dB
	CW, 500 Hz	500 Hz/-6 dB			700 Hz/-60 dB
	RTTY, 500 Hz	500 Hz/-6 dB			700 Hz/-60 dB
	AM, 6 kHz	6,0 kHz/-6 dB			15 kHz/-60 dB
FM, 15 kHz	12,0 kHz/-6 dB			20 kHz/-60 dB	
Tłumienie częstotliwości lustrzanych	KF	> 70 dB			
	50 MHz	> 70 dB, za wyj. składowych lustrzanych przetwarzania a-c			
Moc wyjściowa m.cz. (przy zas. 13,8 V)	> 2 W, (przy znieksz. 10%, na obc. 8 Ω, 1 kHz)				
4) KF, przedwzm. 1 włączony, kształt filtru „Soft”; 50 MHz, przedwzm. 2 włączony, filtr jak na KF					
<b>Obwody dopasowania anteny</b>					
Zakres częstotliwości	pasma 1,9 – 50 MHz				
Zakres dopasowywanych impedancji	16,7 – 150 Ω, WFS < 1 : 1,3				
Dokładność dopasowania	WFS < 1 : 1,5				
Czas dostrajania	śr. 2 – 3 sek., maks. 15 sek.				



Rys. 9.3.2. Uproszczony schemat blokowy odbiornika



Fot. 9.3.3. Konstrukcja preselektora

## 10. Radiostacja „Anan 8000”

Radiostacja „Anan 8000DLE” firmy „Apache Labs” ([www.apache-labs.com](http://www.apache-labs.com)) pracuje na zasadzie bezpośredniej przemiany analogowo-cyfrowej w odbiorniku i bezpośredniej cyfrowej przemiany w górę (DUC) w torze nadawczym. Nominalna moc wyjściowa jej nadajnika wynosi 200 W na KF (AM 50 W) i 150 W w paśmie 6 m. Do obsługi używane są typowe programy jak *HSDR*.

Czułość odbiornika RX1 dla SSB (2,4 kHz) wynosi na KF -126 dBm, a w paśmie 50 MHz – -135 dBm. Dla CW (500 Hz) jest ona równa odpowiednio -133 dBm i -142 dBm. Zakres dynamiki ograniczony przemianą wtórną leży w zakresie od 108 dB (dla odstępu 0,5 kHz) do 125 dB (dla odstępu 20 kHz). Odbiornik jest wyposażony w cyfrowy eliminator szumów i automatyczny filtr zaporowy. Czułość drugiego odbiornika jest zbliżona do pierwszego.



Fot. 10.1. Radiostacja „Anan 8000DLE”

Tabela 10.1

Niektóre zmierzone w ramach testów parametry radiostacji

Zakres odbioru	9 kHz – 60 MHz, po 7 niezal. odb. programowe
Przetwornik a-c	2 x po 16 bitów
Przetwornik c-a	16 bitów
Współczynnik kształtu filtrów	Filtr 2048 punktów SSB: pasmo -6 dB, 2,4 kHz; CW, 1,29, 0,5 kHz; AM, 1,03, 5,0 kHz; 16348 punktów: SSB, 1,01, 2,40 kHz, CW, 1,04, 0,5 kHz
Tłumienie automatycznego filtra zaporowego	70 dB (dla pojedynczego),
Miernik siły sygnału	S9, -73 dBm
Zakres dynamiki ograniczony modulacją skrośną 3 rzędu (IMD3)	14 MHz, pasmo 500 Hz, odbiornik 1, 2: > 90 dB
Moc wyjściowa nadajnika	zgodna z danymi producenta
Poziom składowych intermodulacyjnych w sygnale nadawanym, moc wy. 200 W KF, 100 W 50 MHz	14 MHz, 3/5/7/9/ rząd: -27/-34/-48/-54 dB 50 MHz, -31/-41/-49/-49 dB
Poziom szumów w sygnale nadawanym	14 MHz, 100 W, -113 dBc/Hz
Zasilanie	13,8 V
Pobór prądu	35 A przy nadawaniu, 3 A przy odbiorze
Wymiary, masa	483 x 123 x 320 mm, 12 kg

## Dodatek A

### Odbiornik radiofoniczny na Si4835

Pracujący na zasadzie cyfrowej obróbki sygnałów obwód Si4835 w znacznym stopniu upraszcza konstrukcję odbiorników radiofonicznych pokrywających zakresy fal średnich (504 – 1750 kHz), międzynarodowe pasma krótkofalowe (pomiędzy 5,6 i 22 MHz) i zakres UKF (64 – 109 MHz). Obwód zasilany napięciem 2 – 3,6 V (typ. 3,3 V) pobiera 21 mA prądu przy odbiorze UKF i 17 mA przy odbiorze AM w pozostałych zakresach, co pozwala na zasilanie bateryjne. Czułość w zakresie UKF wynosi 2,2  $\mu$ V i 30  $\mu$ V na falach średnich i krótkich. Obwód jest zamknięty w 24-nóżkowej obudowie do montażu powierzchniowego (SMD). Odbiornik jest przestrajany potencjometrem, posiada dwa niezależne regulatory barwy dźwięku dla niskich i wysokich tonów i nie wymaga użycia mikroprocesora sterującego. Regulacja siły głosu ma 32 stopnie, po dołączeniu opornika 10 k $\Omega$  pomiędzy nóżkę 2 (STN) i plus zasilania możliwa jest również 32-stopniowa regulacja barwy dźwięku (w przykładzie z rys. A.1 nie używana). Cewka L1 jest nawinięta na antenie ferrytowej. L2 – perełka ferrytowa na przewodzie zapewniająca separację sygnału UKF od pozostałych. S1 jest przełącznikiem zakresów (patrz tabela A.2). Dioda elektroluminescencyjna LED1 sygnalizuje odbiór stereofoniczny, a LED2 – orientacyjnie siłę odbioru. Potencjometr R3 służy do strojenia w ramach wybranego podzakresu. W zależności od potrzeb i posiadanego przełącznika można ograniczyć liczbę pasm pozostawiając niektóre z przewodów 1 – 10 nie podłączone do przełącznika (nie można usunąć żadnego z oporników dzielnika). Obwód Si4831 pokrywa jedynie fale średnie i UKF. Obwody Si4731, Si4735 wymagają sterowania przez mikroprocesor za pomocą magistrali I2C.

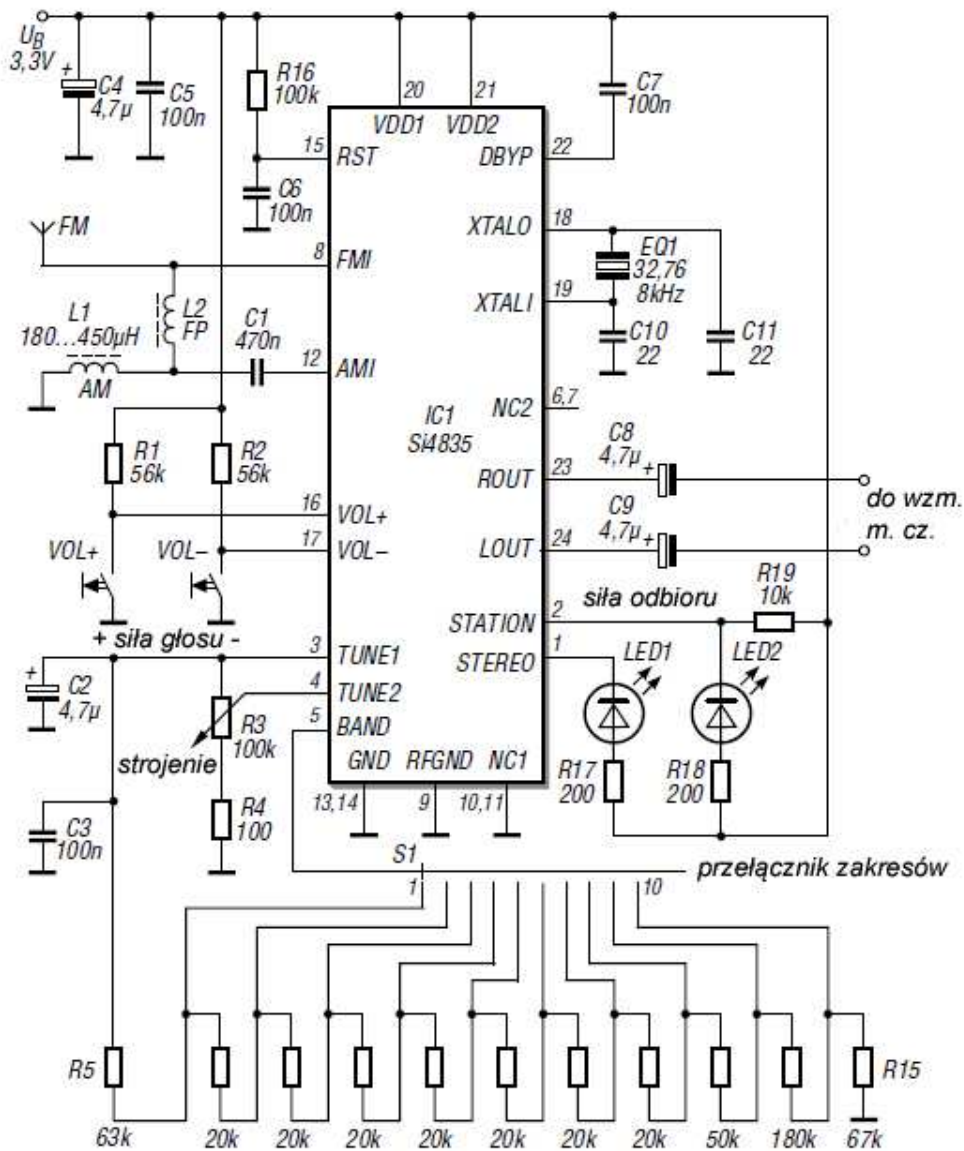
Tabela A.1

Zakresy częstotliwości i ich wybór przez wartość oporności R (równej sumie oporności R6 – R15 na schemacie) między wejściem BAND obwodu a masą. Oporniki dzielnika muszą mieć tolerancje 1%.

Zakres	Modulacja	R [k $\Omega$ ]	Zakres	Modulacja	R [k $\Omega$ ]
87...108 MHz <sup>1,3</sup>	FM	47	520...1710 kHz	AM	247
87...108 MHz <sup>1,4</sup>	FM	57	522...1620 kHz	AM	257
87...108 MHz <sup>2,3</sup>	FM	67	504...1665 kHz	AM	267
87...108 MHz <sup>2,4</sup>	FM	77	520...1730 kHz	AM	277
86,5...109 MHz <sup>1,3</sup>	FM	87	510...1750 kHz	AM	287
86,5...109 MHz <sup>1,4</sup>	FM	97	5,6...6,4 MHz	AM	297
86,5...109 MHz <sup>2,3</sup>	FM	107	5,95...6,2 MHz	AM	307
86,5...109 MHz <sup>2,4</sup>	FM	117	6,8...7,6 MHz	AM	317
87,3...108,25 MHz <sup>1,3</sup>	FM	127	7,1...7,6 MHz	AM	327
87,3...108,25 MHz <sup>1,4</sup>	FM	137	9,2...10 MHz	AM	337
87,3...108,25 MHz <sup>2,3</sup>	FM	147	9,2...9,9 MHz	AM	347
87,3...108,25 MHz <sup>2,4</sup>	FM	157	11,45...12,25 MHz	AM	357
76...90 MHz <sup>1,3</sup>	FM	167	11,6...12,2 MHz	AM	367
76...90 MHz <sup>1,4</sup>	FM	177	13,4...14,2 MHz	AM	377
76...90 MHz <sup>2,3</sup>	FM	187	13,57...13,87 MHz	AM	387
76...90 MHz <sup>2,4</sup>	FM	197	15...15,9 MHz	AM	397
64...87 MHz <sup>1,3</sup>	FM	207	15,1...15,8 MHz	AM	407
64...87 MHz <sup>1,4</sup>	FM	217	17,1...18 MHz	AM	417
64...87 MHz <sup>2,3</sup>	FM	227	17,48...17,9 MHz	AM	427
64...87 MHz <sup>2,4</sup>	FM	237	21,2...22 MHz	AM	437
			21,45...21,85 MHz	AM	447

Uwagi:

- 1 – deemfaza europejska 50  $\mu$ s
- 2 – deemfaza amerykańska 75  $\mu$ s
- 3 – próg odbioru stereofonicznego RSSI = 20
- 4 – próg odbioru stereofonicznego RSSI = 28



Rys. A.1. Schemat ideowy 10-zakresowego odbiornika. Może on być zasilany przez akumulator litowy. Na UKF-ie stosowana jest antena prętowa (teleskopowa)

Tabela A.2

Przełącznik zakresów (warianty wybrane z tabeli A.1: UKF – 67 kΩ, śr. – 247 kΩ)

Pozycja	Zakres	Modulacja
1	21,2...22 MHz	AM
2	17,1...18 MHz	AM
3	15...15,9 MHz	AM
4	13,4...14,2 MHz	AM
5	11,45...12,25 MHz	AM
6	9,2...10 MHz	AM
7	6,8...7,6 MHz	AM
8	5,6...6,4 MHz	AM
9	520...1710 kHz	AM
10	87...108 MHz	FM

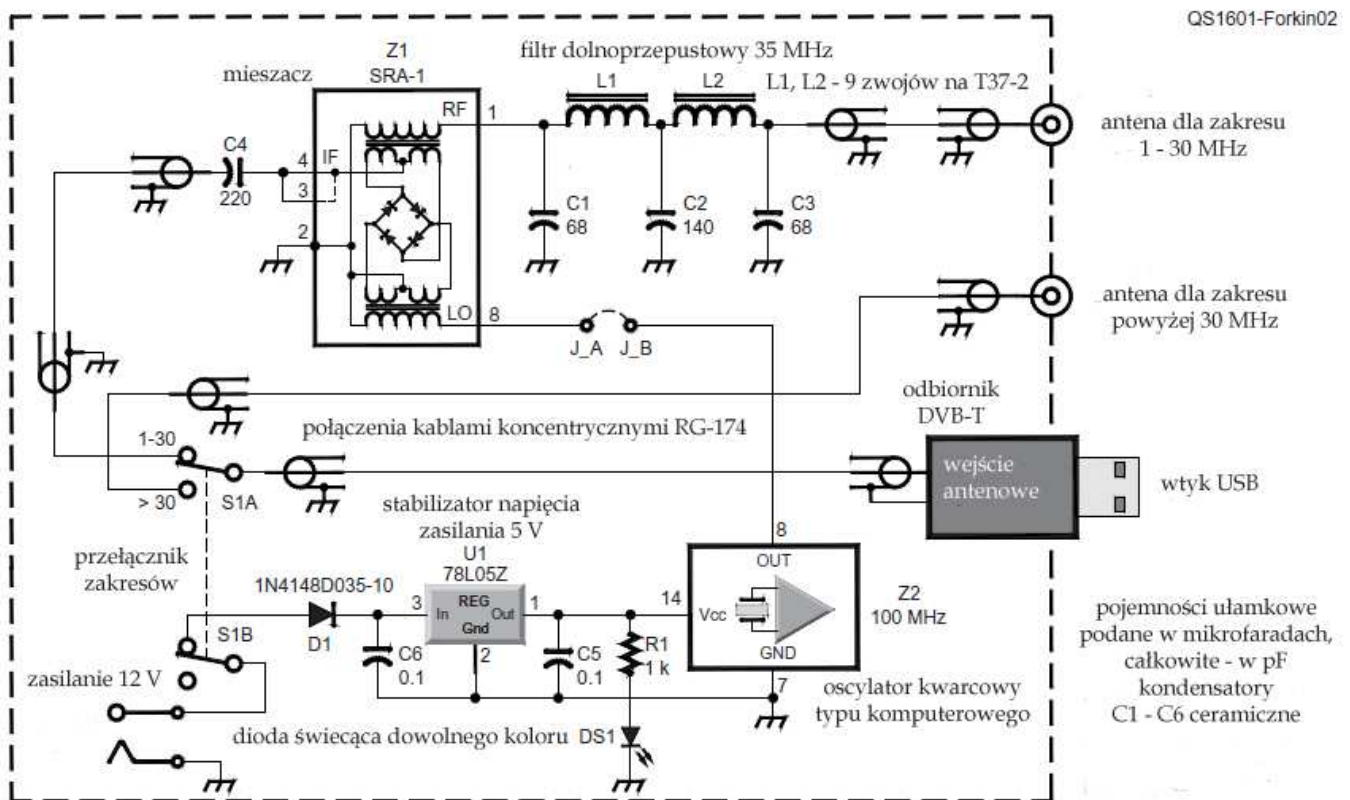


Rys. A.2. Przykład konstrukcji mechanicznej 12-zakresowego odbiornika PE1KTH (Funkamateurl1/2016)

## Dodatek B

### Przemiana częstotliwości dla odbiorników DVB-T

Niedrogie i popularne paluszkowe odbiorniki DVB-T nie pokrywają zakresów fal krótkich. Najprostszym sposobem rozszerzenia odbieranego zakresu jest dodanie stopnia przemiany częstotliwości. Rozwiązanie to spotykane jest również w niektórych fabrycznych rozwiązaniach odbiorników opartych o paluszki DVB-T, przykładowo w starszych modelach odbiornika „DX-Patrol”.



Rys. B.1. Schemat ideowy odbiornika z dodatkową przemianą częstotliwości

W układzie zastosowano podwójnie zrównoważony mieszacz SRA-1 lub podobny oraz oscylator kwarcowy typu komputerowego w obudowie metalowej. Dla uniknięcia ewentualnych zakłóceń ze strony stacji radiofonicznych UKF można zamiast oscylatora 100 MHz zastosować oscylator 125 MHz.



Fot. B.2. Konstrukcja mechaniczna

## Literatura i adresy internetowe

- [1.1] „SDRplay RSP1 Radio Spectrum Processor”, Steve Ford, WB8IMY, QST 2/2017, str. 59
- [1.2] „SDRplay Radio Spectrum Processor 2 Pro”, Steve Ford, WB8IMY, QST 10/2017, str. 59
- [2.1] „DSP receiver FiFi”, Mark Wilson, K1RO, QST 9/2013
- [7.1] „FlexRadio Systems Flex-6500 SDR Transceiver and Updated *SmartSDR for Windows* Software”, Mark J. Wilson, K1RO, QST 2/2017, str. 53
- [7.2] „FlexRadio Systems Flex-6300 Transceiver, Flex-6700 Transceiver and *SmartSDR for Windows*”, M. Ewing, AA6E, QST 4/2015, str. 47
- [9.1] „IC-7300 HF/6 m transceiver: a user perspective”, Peter Freeman, VK3PF, Amateur Radio 6/2016, str. 25
- [9.2] „Icom IC-7300 HF and 6 m Transceiver”, Mark J. Wilson, K1RO, QST 8/2016, str. 41





**W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca” dotychczas ukazały się:**

- Nr 1 – „Poradnik D-STAR”, wydanie 1 i 2
- Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS”
- Nr 3 – „Technika słabych sygnałów” Tom 1
- Nr 4 – „Technika słabych sygnałów” Tom 2
- Nr 5 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 1
- Nr 6 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 2
- Nr 7 – „Packet radio”
- Nr 8 – „APRS i D-PRS”
- Nr 9 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 1
- Nr 10 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 2
- Nr 11 – „Słownik niemiecko-polski i angielsko-polski” Tom 1
- Nr 12 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 1
- Nr 13 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 2
- Nr 14 – „Amatorska radioastronomia”
- Nr 15 – „Transmisja danych w systemie D-STAR”
- Nr 16 – „Amatorska radiometeorologia”, wydanie 1 i 2
- Nr 17 – „Radiolatarnie małej mocy”
- Nr 18 – „Łączności na falach długich”
- Nr 19 – „Poradnik Echolinku”
- Nr 20 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 1
- Nr 21 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 2
- Nr 22 – „Protokół BGP w Hamnecie”
- Nr 23 – „Technika słabych sygnałów” Tom 3, wydanie 1, 2 i 3
- Nr 24 – „Raspberry Pi w krótkofalarstwie”
- Nr 25 – „Najpopularniejsze pasma mikrofalowe”
- Nr 26 – „Poradnik DMR” wydanie 1 i 2, nr 326 – wydanie skrócone
- Nr 27 – „Poradnik Hamnetu”
- Nr 28 – „Budujemy Ilera” Tom 1
- Nr 29 – „Budujemy Ilera” Tom 2
- Nr 30 – „Konstrukcje D-Starowe”
- Nr 31 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 3
- Nr 32 – „Anteny łatwe do ukrycia”
- Nr 33 – „Amatorska telemetria”
- Nr 34 – „Poradnik systemu C4FM”
- Nr 35 – „Licencja i co dalej” Tom 1
- Nr 36 – „Cyfrowa Obróbka Sygnałów”
- Nr 37 – „Telewizja amatorska”
- Nr 38 – „Technika słabych sygnałów” Tom 4
- Nr 39 – „Łączności świetlne”
- Nr 40 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 4



