

SDR pentru radioamatori

Prof. Aliodor Drăgan YO2BOF

O explicație scurtă a acronimului SDR ce provine de la expresia Software Defined Radio este următoarea: Termenul de SDR poate fi definit ca “Echipamente radio în care funcțiile de nivel fizic sunt definite, parțial sau în totalitate, prin software”, sau pe scurt “Echipamente radio definite prin software”

Radioul definit prin software (SDR) este un sistem de comunicații radio în care componentele care au fost implementate în mod convențional în hardware analogic (de exemplu, mixere, filtre, amplificatoare, modulator/demodulator, detectoare etc.) sunt implementate în schimb prin intermediul software-ului pe un computer sau un sistem integrat.

Acest fapt implică arhitecturi flexibile, echipamentul putând fi configurat să se adapteze la diferite standarde, forme de undă, benzi de frecvență, lărgimi de bandă sau moduri de operare. Astfel SDR este un echipament multifuncțional, programabil și ușor de upgradat, care poate întreține o varietate de servicii și standarde, oferind în același timp o soluție ieftină și eficientă.

Radiourile software au o utilitate semnificativă pentru armată și serviciile de telefonie mobilă, ambele trebuind să deservească o gamă largă de protocoale radio în timp real, în schimbare. Pe termen lung, susținătorii precum Wireless Innovation Forum se așteaptă ca radiourile definite prin software să devină tehnologia dominantă în comunicațiile radio.

În radioamatorism, **transceiverele SDR (Software Defined Radio)** au devenit foarte populare, pentru că înlocuiesc mare parte din circuitele tradiționale cu procesare digitală în software. Asta le face foarte flexibile și ușor de extins prin update-uri de firmware sau programe noi.

Avantajele unui transceiver SDR pentru radioamatori

- **Acoperire largă de frecvențe** – multe modele lucrează de la HF până la VHF/UHF sau chiar GHz.
- **Panadapter și waterfall** – vezi întreaga bandă în timp real.
- **Compatibilitate multi-mod** – SSB, CW, AM, FM, plus digitale (FT8, PSK, RTTY, DMR etc.).
- **Control și operare remote** – poți accesa transceiverul prin internet.
- **Experimentare** – perfect pentru radioamatori care vor să dezvolte sau testeze protocoale și filtre DSP.

Exemple de transceivere SDR folosite în radioamatorism (Comerciale - gata de folosit)

- **FlexRadio (seria 6000: 6400, 6600, 6700)**

→ foarte performante, integrate complet cu software SmartSDR, folosite de mulți radioamatori activi pe HF.

- **Icom IC-7300 / IC-7610**

→ transceivere hibride SDR, foarte populare în rândul radioamatorilor de HF.

- **Yaesu FTDX-101 / FTDX-10**

→ folosește tehnologie SDR pentru partea de recepție.

- **Elad FDM-DUO**

→ SDR transceiver compact, folosit mult în Europa.

- **SunSDR2 DX / SunSDR QRP** (Expert Electronics)

→ transceivere rusești SDR, foarte apreciate la concursuri.

Open-source

- **Hermes-Lite 2** – proiect open-source (HF până la 30 MHz, 5W out).

Foarte popular între pasionați de SDR și experimente digitale.

- **Red Pitaya** – platformă SDR multifuncțională, folosită ca transceiver QRP și panadapter.

- **ANAN (Apache Labs)** – transceivere SDR de putere, dezvoltate din proiecte open-source.

Software utilizat cu SDR transceivere

- **SmartSDR** (FlexRadio)
- **PowerSDR / Thetis** (Apache Labs, Hermes-Lite)
- **HDSDR / SDR Console / CubicSDR** (recepție generală)
- **WSJT-X, JTDX, Fldigi** (moduri digitale)



Flex – 1500



Flex – 6000



ICOM 7300

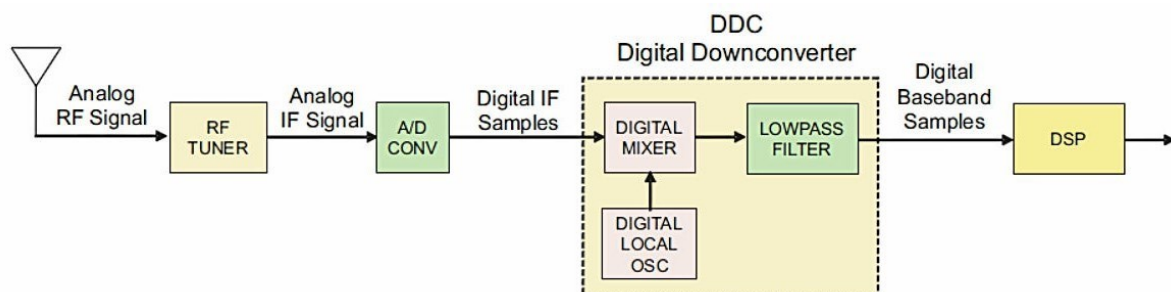


FT 991 A

Se disting două structuri de baza SDR cu conversie directă a semnalului RF și SDR cu conversie indirectă a semnalului RF

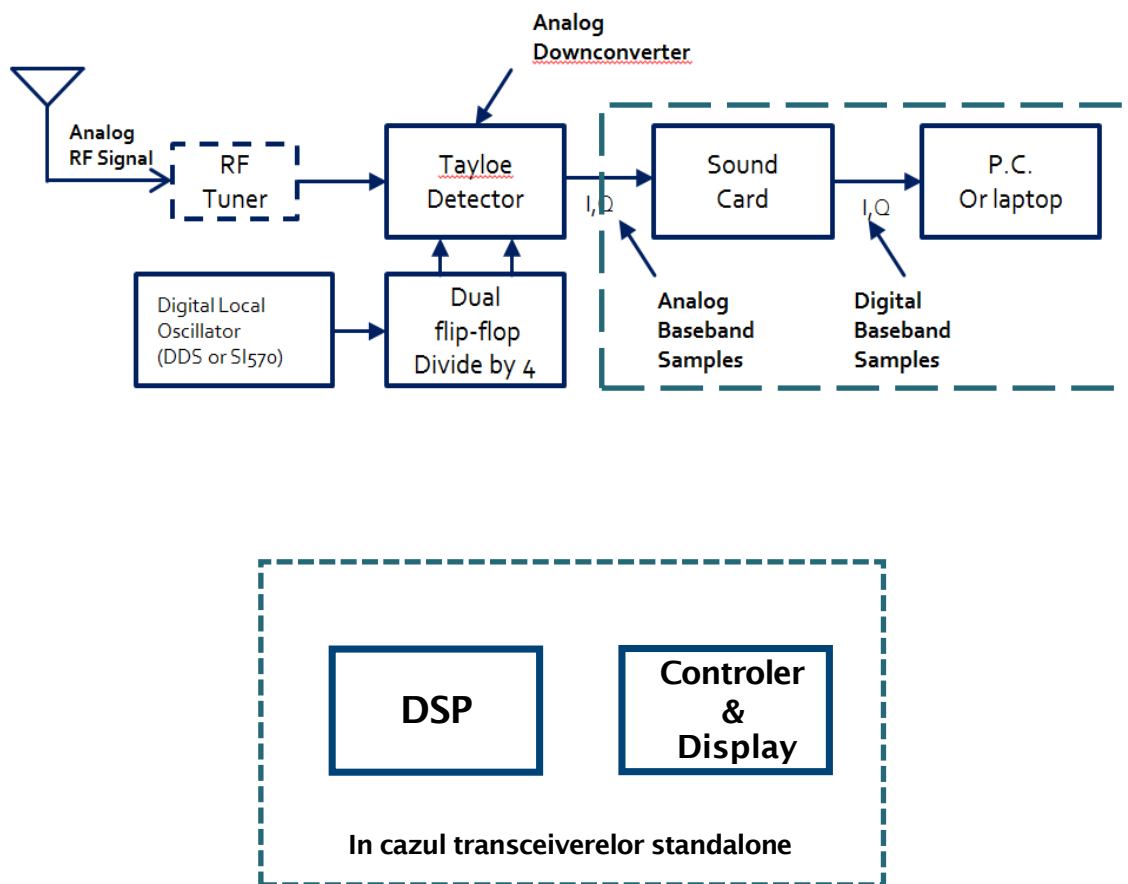
Schema bloc a echipamentelor SDR cu conversie directă arata faptul ca semnalul RF este convertit analog digital pe frecvența de lucru după care este prelucrat de modului DDC (Digital Downconverter) și adus la forma unui semnal de bază complex prelucrat la randul lui de modulul DSP (Digital Signal Proces)

Aceasta este schema ideala de SDR, dar are dezavantajul costului foarte ridicat.



O variantă mai accesibilă este structura SDR cu conversie indirectă. Cuvântul conversie nu are în acest context nimic de a face cu schimbarea frecvenței. El se referă la faptul că, conversia analog digitală se face la nivelul semnalului de baza complex și nu direct pe

frecvența de lucru, semnal obținut de la un detector în cuadratură cunoscut sub numele de detector Tayloe. La ieșirea detectorului Tayloe sunt prezente două semnale de bază defazate cu 90 de grade denumite I și Q. Aceste semnale sunt apoi convertite analog numeric și prelucrate (sau demodulate) de un ansamblu placă de sunet + PC sau de un DSP comandat de un controler echipat cu un display (cu rol de interfață echipament radio - user) în cazul transceiverelor SDR standalone cum este Tulip SDR.



Transformările Fourier rapide fac ca DSP-ul să pună în aplicare filtre de înaltă performanță în loc de filtre hardware scumpe.

Dan Tayloe N7VE a inventat și brevetat detectorul în cuadratură ce îi poartă numele. O expresie a sa a devenit celebră "Dă-mi un I și un Q și demodulez orice!!!"

Ce înseamnă "în cuadratură"?

- **Două semnale sunt în cuadratură** atunci când au aceeași frecvență, dar sunt defazate cu **90°** ($\pi/2$ radiani).
- Practic, ai două componente:
 - **I (In-phase)** – componenta în fază.
 - **Q (Quadrature)** – componenta în cuadratură (defazată cu 90°).

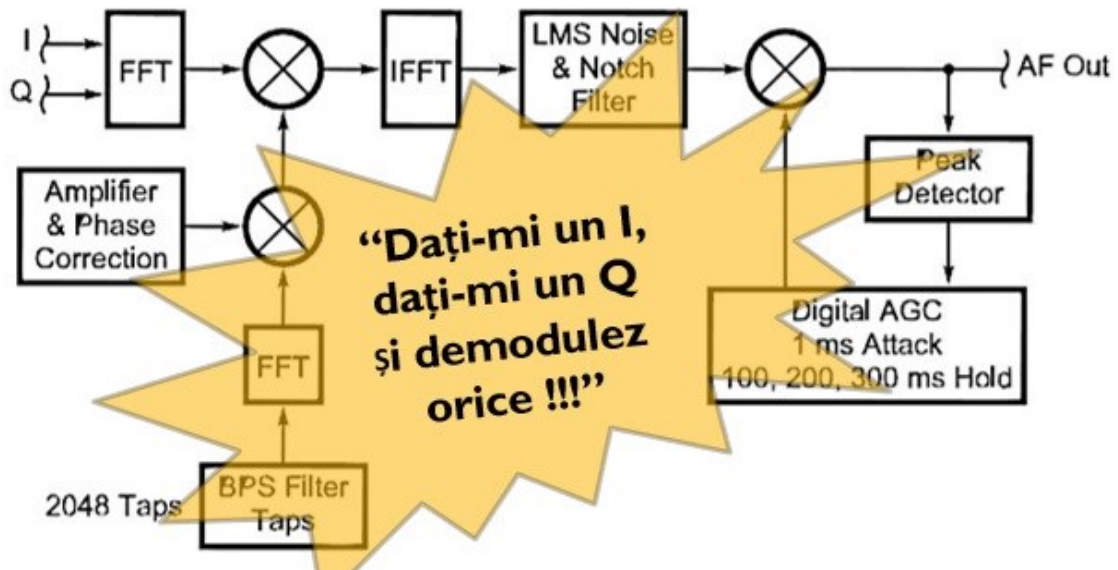
Împreună formează ceea ce numim **semnal complex I/Q**.

Cum funcționează detectorul în cuadratură

1. Semnalul RF de intrare este multiplicat cu două semnale locale (LO – local oscillator):
 - unul în fază ($\cos \omega t$),
 - altul defazat la 90° ($\sin \omega t$).
2. Se obțin două semnale de ieșire: **I și Q**.
3. Aceste două componente pot fi procesate digital (sau analogic) pentru a reconstrui informația dorită: amplitudine, fază, frecvență.

De ce este important în SDR și radioamatorism

- **Demodulare universală** – cu un semnal I/Q poți extrage orice tip de modulație (AM, FM, SSB, QAM, PSK, etc.) doar prin software.
- **Evită ambiguitățile** – de exemplu, la detectarea SSB, metoda clasică cu BFO poate avea confuzii între USB și LSB; cu I/Q nu mai apare problema.
- **Analiză spectrală precisă** – un semnal I/Q poate fi tratat matematic ca un semnal complex, ușurând calculul FFT (Fast Fourier Transform).



Aplicații practice la radioamatori

- **Demodularea SSB și CW** – cele mai uzuale aplicații.
- **Moduri digitale (FT8, PSK31, etc.)** – necesită acces la fază și amplitudine.
- **Receivere SDR** – aproape toate SDR-urile moderne (RTL-SDR, Flex,

Hermes-Lite) folosesc detecție în cuadratură.

Avantaje și limitări

Avantaje:

- Extrem de flexibil – un singur detector poate acoperi toate modulațiile.
- Permite DSP avansat (filtrare, corecție de eroare, eliminare de interferențe).

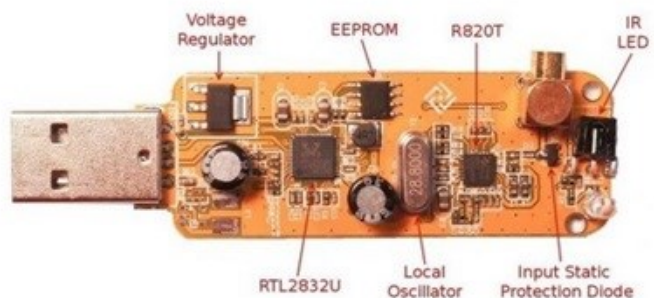
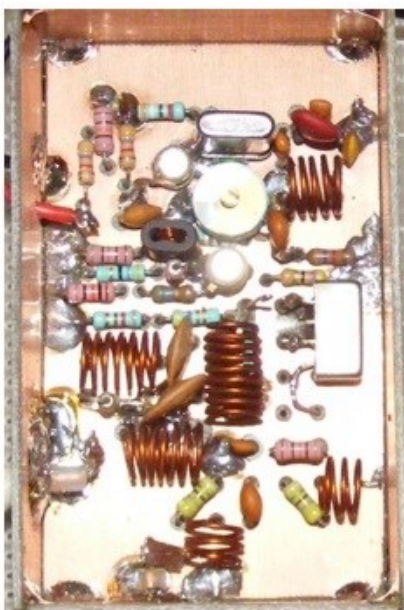
Limitări:

- Necesită oscilator local stabil și bine defazat la 90°.
- Dezechilibre între canalul I și Q pot introduce erori (IQ imbalance).
- Implementarea e mai simplă în DSP decât în hardware analogic.

În anul 2012 a apărut pe piață ca alternativă la televiziunea digitală terestră DVB-TV (Digital HD TV) un USB receiver, bazat pe cipul RTL2832U, cunoscut sub numele de RTL SDR.

Acest produs este transformat treptat într-un device drept bază pentru realizarea de receptoare pentru radioamatori. Toate informațiile privind hardware și software referitoare la RTL SDR le găsiți pe sit-ul www.rtl-sdr.com.

Văzând numeroase aplicații în anul 2014 am demarat realizarea unui receptor pentru benzile de radioamatori cu următoarea structură : UP CONVERTER + RTL SDR + COMPUTER (HSDR ver. 2.7).





La minisimpozionul organizat cu ocazia Adunării generale a radioamatorilor din județul Arad (31 ian. 2015) am prezentat comunicarea : DE LA RADIO CU GALENA LA SDR. Vezi <http://www.yo2bof.ro/sdr/index.html> . Aici puteti accesa o serie de link-uri ce vă prezintă funcționarea primului meu receptor SDR.

Rezultatele excelente și experiența acumulată m-au determinat să continui cu realizarea unui transceiver SDR. În acea perioadă era în vogă "Softrock" și "SDR GenesisRadio". Aceste kituri au oferit o abordare, ieftină și interesantă în lumea SDR. Descrierile acestor kituri și disponibilitatea lor au ajutat începătorii care nu au absolut nici o experiență în SDR să se familiarizeze cu subiectul, cu instrucțiuni de construcție „de tip Heathkit” și explicații teoretice ușor de înțeles. Istoria acestor kituri o găsiți aici : <https://www.wb5rvz.com/sdr/> .

Răspândirea acestor kituri în rândul radioamatorilor a făcut ca acest domeniu al transceiverelor SDR să se dezvolte foarte rapid. Astfel au apărut modele SDR al căror performanță egalează transceiverele industriale. Exemple notabile ar fi : Tulip SDR, Vis Air SDR, uSDX, uBITX, MCHF, Hermes Lite, Square SDR și multe altele. Aceste modele sunt cele mai răspândite modele din lumea radioamatorilor. Industria abundă de echipamente radio de tip SDR.



SOFTROCK



uSDX



MCHF



HERMES LITE



**TULIP I
RX9CIM & R6DAN
(2015-2016)**

La sfârșitul anului 2015 am abordat realizarea primului transceiver TULIP.

Autorii proiectului Tulip sunt: Georghi RX9CIM si Vladimir R6DAN.

Proiectul a fost preluat de multi radioamatori si perfectionat continuu.

Se remarcă :

Igor **UT3QI** care a realizat desenele schemelor;

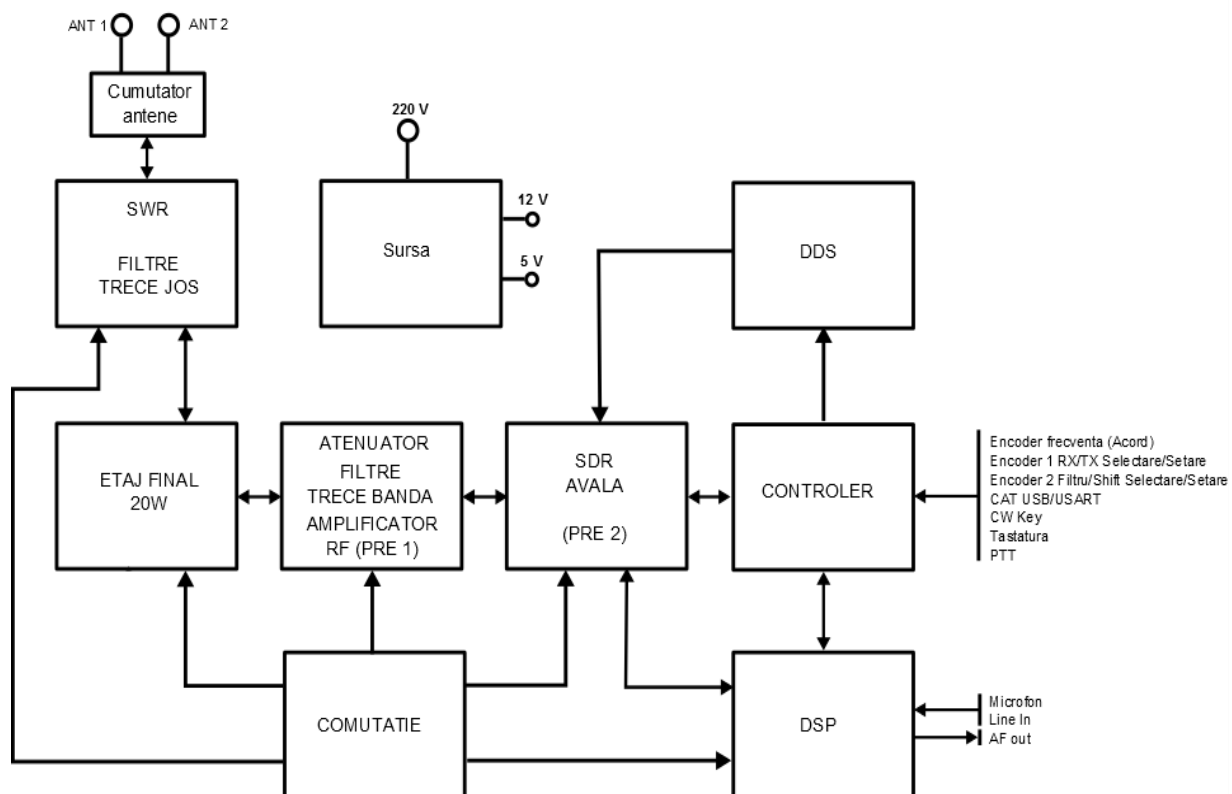
Artur **SP3OSJ** a realizat o versiune KIT

Valerij **YL2GL** a realizat primul versiunea 100W

Gicu **YO8RLK** (finalizat in martie 2016)

Adi **YO2BOF** (finalizat in aprilie 2016)

Cristi **YO3FLR** (finalizat in iunie 2016)



Tulip SDR schema bloc



Transceiver finalizat



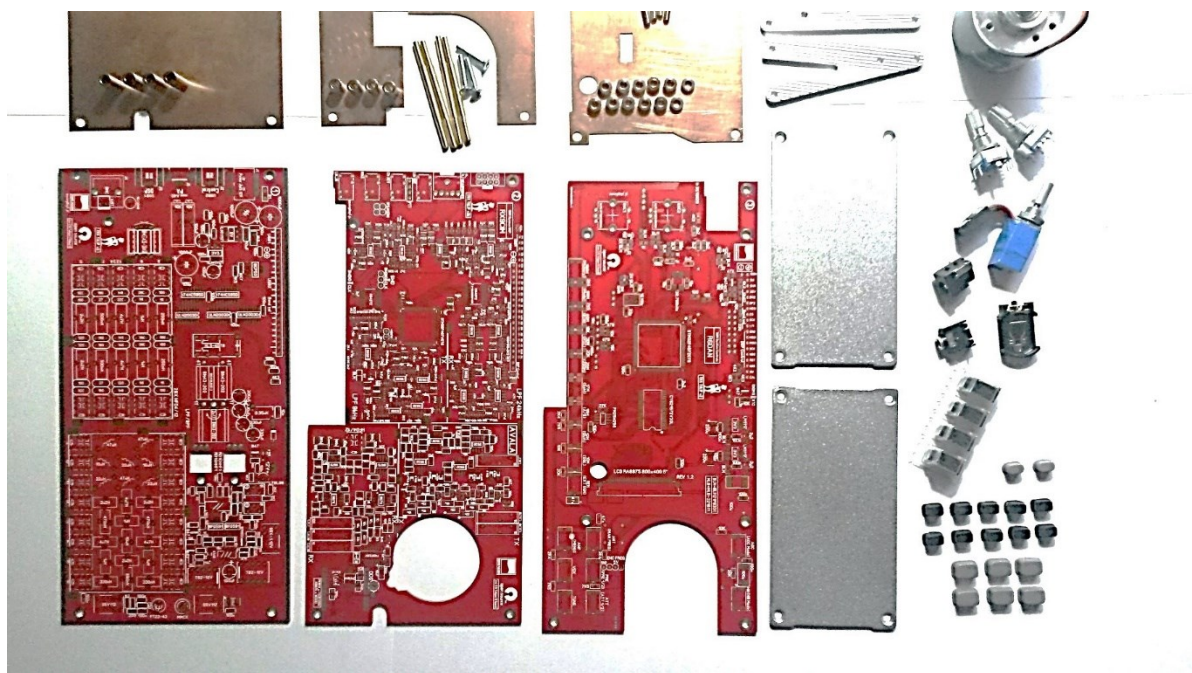
Toate detaliile privind această construcție se găsesc pe blogul dedicat acestui transceiver : <https://tulipsdr.wordpress.com/> și pe sit-ul personal <http://www.yo2bof.ro/>

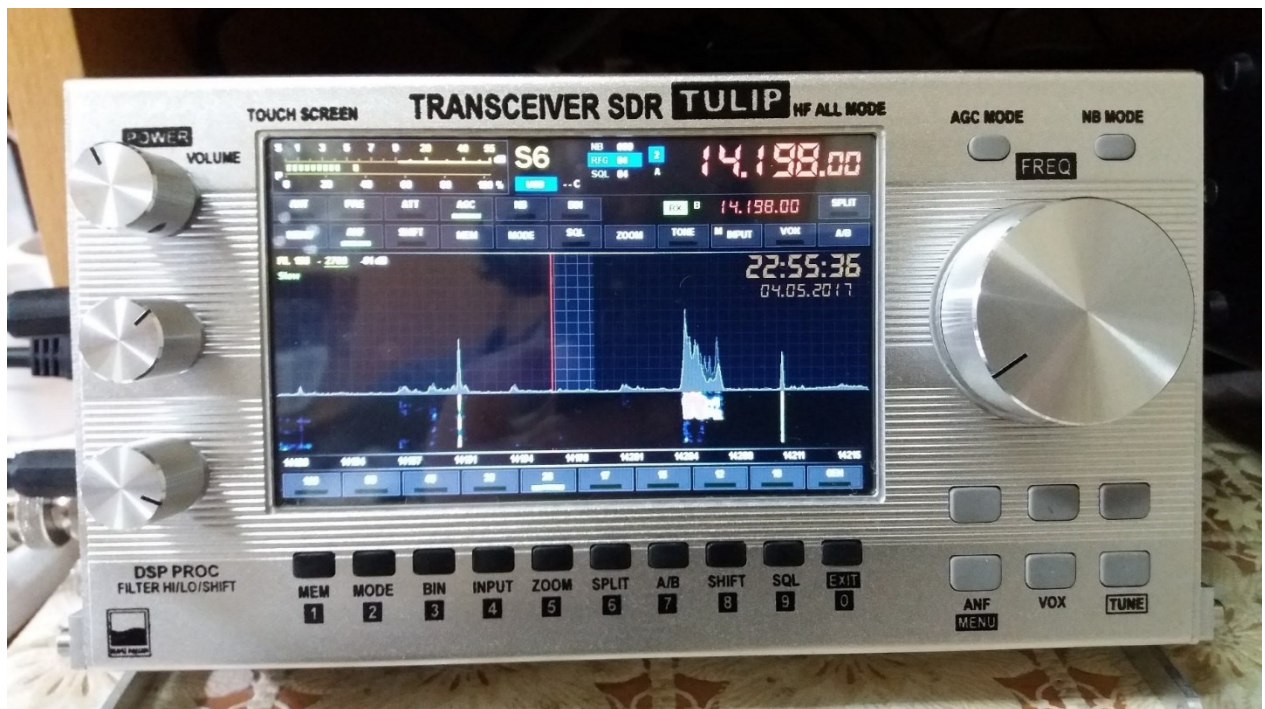
Am participat la Concursul Național de Creație Tehnică 2016 ce s-a desfășurat la Târgu Neamț unde am obținut premiul II.



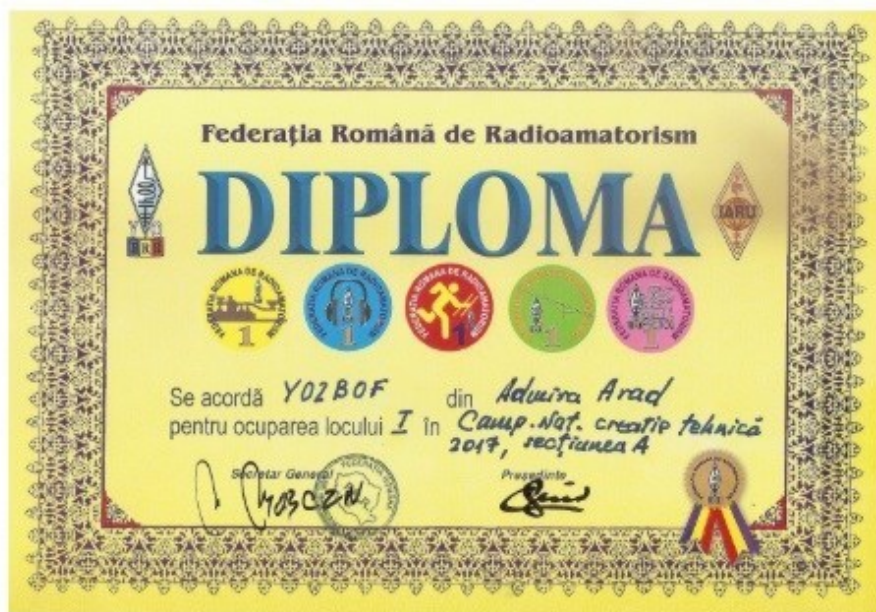
În septembrie 2016 am aflat de o versiune îmbunătățită a transceiverului Tulip realizata de Artur SP3OSJ. Aceasta versiune am denumit-o generic TULIP 2. (ierarhizare proprie nu este aceeași cu Tulip II, ierarhizarea a lui SP3OSJ)

Realizarea noii versiuni devenea mai ușoară prin posibilitatea achiziționării de la SP3OSJ a kit-ului mecanic.





Am participat cu lucrarea TULIP 2 SDR TRANSCEIVER la CAMPIONATUL NATIONAL DE CREATIE TEHNICA ce s-a desfasurat in 2017 la Izvorul Mureşului. Lucrarea s-a clasat pe locul I. Am obţinut titlul de Campion Naţional la Creaţie Tehnică 2017



În anul 2017 am continuat realizarea de transceivere Tulip de tipul SP3OSJ.



În anul 2018 am continuat realizarea de transceivere Tulip și am abordat realizarea transceiverului VisAir. Acesta din urmă este un transceiver foarte complex cu conversie directă. Construcția a durat 6 luni, transceiverul dispune de un ecran de 7 inch, toate benzile de unde scurte și banda de 50MHz. Puterea etajului final peste 200W.





În anul 2020 am reluat construcția unui transceiver Tulip cu ecran de 7 inch. Am renunțat la marea parte a butoanelor rezumand totul la 5 butoane, restul funcțiilor fiind accesibile direct pe ecran.



Pentru detalii vizitați <http://www.yo2bof.ro/T7/album/index.html>

În anul 2024 constatând că mai dispun de o mulțime de componente pentru cele două modele de Tulip (versiunea rusească și cea poloneză) am decis să construiesc un transceiver hibrid. În fapt controlerul, tastatura tipică și DDS-ul sunt de la versiunea rusească iar DSP-ul și etajul final de la versiunea poloneză. A rezultat un transceiver excelent pe care l-am botezat Tulip / 2X.



Numărul transceiverelor accesibile radioamatorilor fiind în continuă creștere am fost tentat de a experimenta modele noi. Astfel am ales o versiune care trebuia doar ansamblată fiind formată din trei module. Placa de bază, filtrele de bandă și cutia. HERMES LITE 2.

În timpul până la primirea comenzii am citit blogul destinat acestui tip de transceiver. Am instalat diferite aplicații software pentru a mă familiariza. M-am oprit la THETIS versiunea v2.10.3.4 x64 (02/19/24) HL2 (MI0BOT).

După primirea coletului ansamblarea a durat mai puțin de o ora și am putut începe testarea transceiverului. Am ramas impresionat de performante. După testarea în trafic (fără a face comparații) am concluzionat că e cel mai performant transceiver de pe masă.

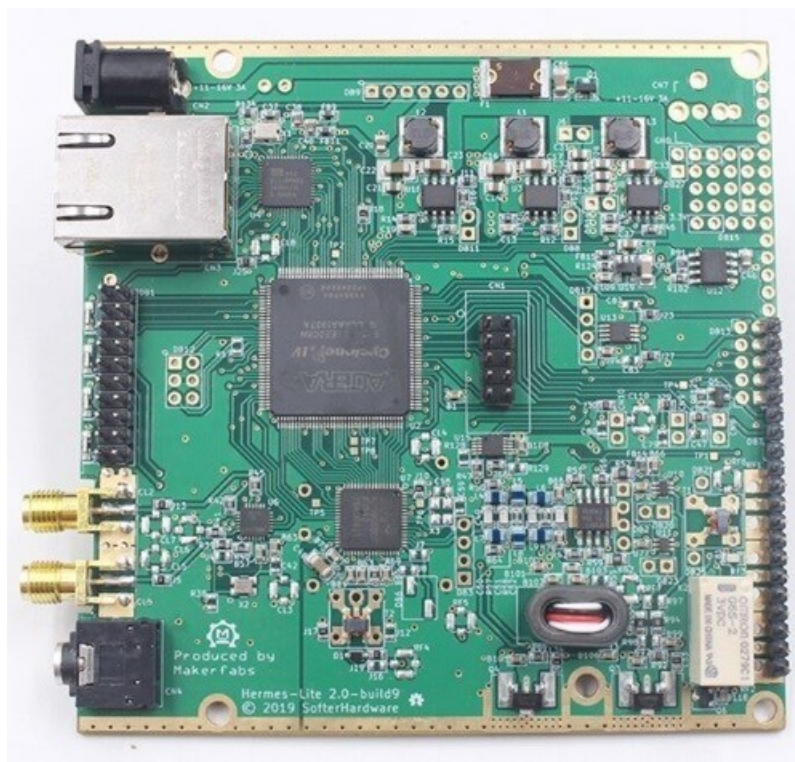


După câteva luni de utilizare am decis realizarea unei versiuni standalone. A rezultat un transceiver minunat și cu performanțe deosebite.

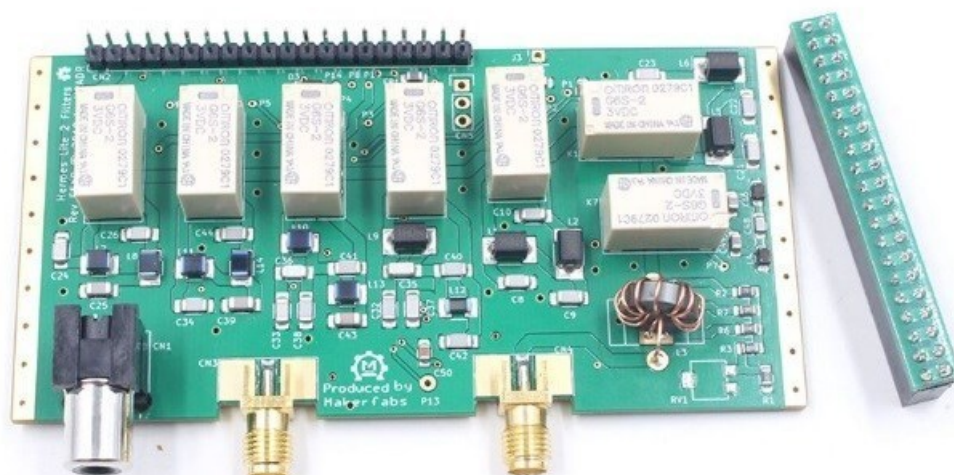


HERMES LITE 2 STANDALONE

Pentru realizarea acestui transceiver am utilizat următoarele module:



Placa de bază



Filtre de bandă



Cutie



Calculator BLACKVIEW

Blackview Mini PC Intel 12th Mini Desktop Computer 512GB 1TB SSD Bis zu 3.4GHz



Monitor

Magedok 9 Inch Touch Screen Display for Raspberry Pi, 1280 x 720/ Anti-Glare/Optical Bonding Capacitive Screen/IPS /600 lumens/Wall Mountable/HDMI Portable Monitor



DROK – BUTON DE ACORD USB

DROK USB Volume Control, PC Computer Speaker Audio Volume Remote Controller Knob with 1-Key Mute Function Support Win7 8 10 XP Mac Vista Android

Au mai fost necesare: Hub USB, Boxe externe, Alimentator 12V, bornă de antenă, mufe diverse și alte elemente de conectică

Pentru un scurt demo accesați : <http://www.yo2bof.ro/hermes/video.mp4>

Transceiverul are o putere output de 6W (acest exemplar) în toate benzile. Această putere este suficientă pentru a asigura o putere output de circa 800W din amplificatorul liniar cu control software prezentat la sesiunea de referate de la Drobeta Turnu Severin



73! YO2BOF Adi

Referat prezentat la Sesiunea de Referate, organizată la Simpo YO de la Izvoru Mureșului, 27 septembrie 2025.

UN DECENIU DE SDR !