

TULIP SDR TRANSCEIVER



YO2BOF

**CAMPIONATUL NAȚIONAL DE
CREAȚIE TEHNICĂ**

Târgu Neamț 2016

Concurent: DRĂGAN ALIODOR VASILE

Radioclub : ADMIRA ARAD

Cuprins

Introducere	1
Schema bloc	5
Modulul Controler	6
Modulul DDS	11
Modulul Comutatie	13
Modulul SDR Avala	15
Modulul DSP	23
Modulul filtre RX	28
Modulul filtre TX	36
PA (20W)	39
Sursa de alimentare	42
Sasiul transceiverului	45
Rezultate	47
PA (100W)	49
Transceiver SDR finalizat	53
Anexe	
Anexa 1. Lista videoclipuri	
Anexa 2. Parametri Tulip	
Anexa 3. Frecventa DDS	
Anexa 4. Scheme Tulip	

Introducere

Salut tuturor radioamatorilor YO. In lucrarea de fata imi propun sa transmit din experienta mea tuturor celor care au construit, construiesc sau doresc sa construiasca un transceiver SDR (Software Defined Radio) cunoscut pe Internet sub numele de Tulip sau Tulipan.

Pentru ca informatiile sa fie cat mai complete am realizat pe parcursul constructiei o serie de videoclipuri (16 pana in prezent) pe care le-am publicat pe YouTube (Anexa 1.) si am deschis un blog dedicat realizarii acestui transceiver la adresa <http://tulipsdr.wordpress.com>



Am pornit de la anuntul postat pe Radioamator.ro de Aurel YO5OCA privind disponibilitatea unui set de cablaje pentru realizarea acestui transceiver. Dupa achizitia setului de cablaje Aurel YO5OCA m-a pus in legatura cu Gicu YO8RLK si Cristi YO3FLR de la care am aflat primele informatii privind schema si componentele necesare.

A urmat o perioada de circa 2 luni in care am achizitionat piesele din magazine online. In aceasta perioada am proiectat si realizat sasiul, am recuperat diverse componente de pe placi cu componente SMD scoase din uz. Am exersat deslipirea si relipirea de componente SMD respectiv circuite cu cat mai multi pini. Am achizitionat unelte si chimicale specifice lucrului cu componente SMD. Am cautat informatii privind modul de notare a componentelor SMD, a dimensiunilor lor etc. Am cautat cat mai multe informatii despre modul de functionare al aparatelor SDR.

In capitolul **Informatii tehnice** de pe blog ve-ti gasiti cateva informatii care sper sa fie de folos.

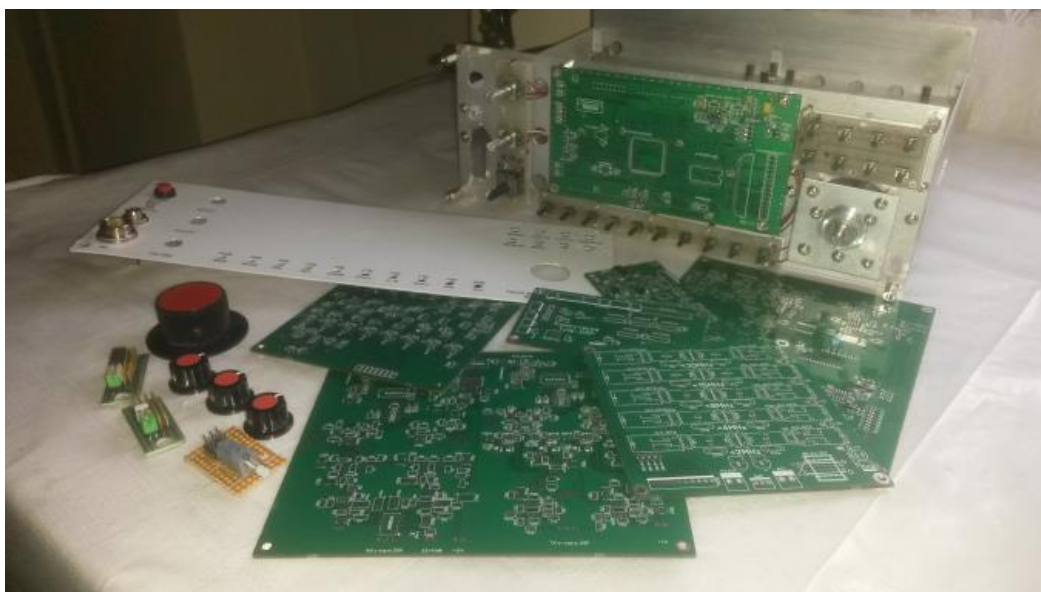
Din documentatia primita de la Gicu YO8RLK si din ce am gasit pe Internet am realizat o sinteza a schemelor necesare in format PDF (A3) pe care le-am imprimat si indosariat. Placile de cablaj le-am scanat, pentru o eventuala consultare ulterioara, deoarece prin lipirea componentelor unele informatii nu se mai vad. Aceste informatii le gasiti in capitolul **Documentatie Tulip SDR** de pe blog.

Autorii proiectului Tulip sunt Georghi RX9CIM si Vladimir R6DAN. Prima mentiune a proiectului este la 1 mai 2015. O cronologie a evolutiei acestui proiect o puteti gasi la adresa:

<http://forums.qrz.com/index.php?threads/new-standalone-sdr-dsp-reciever-and-trancievers-from-russia.478177/>

Proiectul a fost preluat de multi radioamatori si perfectionat continuu. As remarca pe Igor UT3QI care a realizat desenele schemelor, Artur SP3OSJ care a realizat o versiune miniatura a proiectului Tulip, Valerij YL2GL care a realizat printre primi un transceiver Tulip complet la care a adaugat un etaj de putere de 100W. In YO numarul transceiverelor Tulip realizate este inca mic, in faza functionala in trafic mentionez pe Gicu YO8RLK, Cristi YO3FLR si cel realizat de mine. Mai sunt in constructie si alte exemplare si se pare ca interesul pentru realizarea acestui transceiver este in crestere.

Realizarea propriu-zisa a durat 4 luni aproximativ 400 de ore de lucru. Am inceput cu proiectarea sasiului , reproiectarea tastaturii, realizarea suportilor pentru tastaura , encoder si potentiometru. Pentru detalii vezi pagina **Sasiu** din capitolul **Realizare Tulip SDR** de pe blog



Dupa realizarea sasiului , stabilirea in linii mari a asezarii modulelor (cablajele transceiverului), frontalul provizoriu al viitorului transceiver, am trecut la lipirea componentelor pe placile de cablaj imprimat.

Ordinea de realizare a fost: 1) Controler, 2) DDS (Direct Digital Synthesizer), 3) Comutatie, 4) SDR Avala, 5) Filtre RX, 6) DSP (Digital Signal Processing), 7) Filtre TX, 8) Etajul final.

In capitolul ***Realizare Tulip SDR*** pe blog gasiti o descriere detaliata a fiecarui modul.

Din punctul meu de vedere realizarea acestui transceiver are o "filosofie" aparte si ea consta in urmatoarele: *prelucrarea identica a semnalelor I si Q ca amplificare, filtrare si conversie analog numerica*. De unde aceasta idee, de acolo de unde dupa obtinerea semnalelor I si Q la iesirea din detectorul Tayloe si pana la prelucrarea lor de catre DSP pot apare distorsiuni care altereaza aceste semnale. Prelucarea in DSP fiind pur matematica orice eroare a valorii unei variabile conduce la un rezultat cu erori. Conditia de amplitudini egale si defazate exact la 90 grade nu este niciodata indeplinita, intodeauna exista un mic decalaj de amplitudine sau de faza. Practica demonstreaza ca aceste diferente variaza in timp. Teoria ne arata ca pentru a obtine o atenuare cu 40 dB a benzii laterale nedorite in banda 300Hz-3000Hz precizia defazarii cu 90 de grade este de jumatate de grad, lucru imposibil de realizat practic. Solutia acestei probleme consta in introducerea pe calea de prelucrare a semnalelor I si Q a unor filtre trece tot (sau trece jos) in care sa existe o dependenta liniara intre faza semnalului si logarithmul frecventei. Aceste filtre calculate cu precizie si cu un numar rezonabil de poli dau rezultate foarte bune in practica. Sper ca explicatiile de mai sus v-au convins. Ca radioamatori nu este nevoie sa intram in mai multe detalii privind SDR-ul, cele doua materiale din capitolul Informatii tehnice sunt suficiente.

In concluzie realizarea cailor de prelucrare a semnalelor I si Q de pe modulele SDR Avala si DSP nu se poate face cu orice componente si ma refer aici la faptul ca o serie de componente trebuie sa fie **pereche**, adica trebuie sa aiba aceeasi valoare (R sau C) . Nu este foarte important ca valoarea sa fie exact cea din schema , o toleranta de 1-5% (sau chiar si 10%) este admisa ci este important ca piesele ce joaca acelasi rol sa fie identice ca valoare (pereche). In descrierea realizarii modulelor voi preciza exact care sunt componentele pereche.

Acest mod de abordare face mai lenta constructia transceiverului dar va asigura ca merita. Este foarte dificil la finalizarea constructiei sa deduci ce nu functioneaza corect si unde sa intervii.

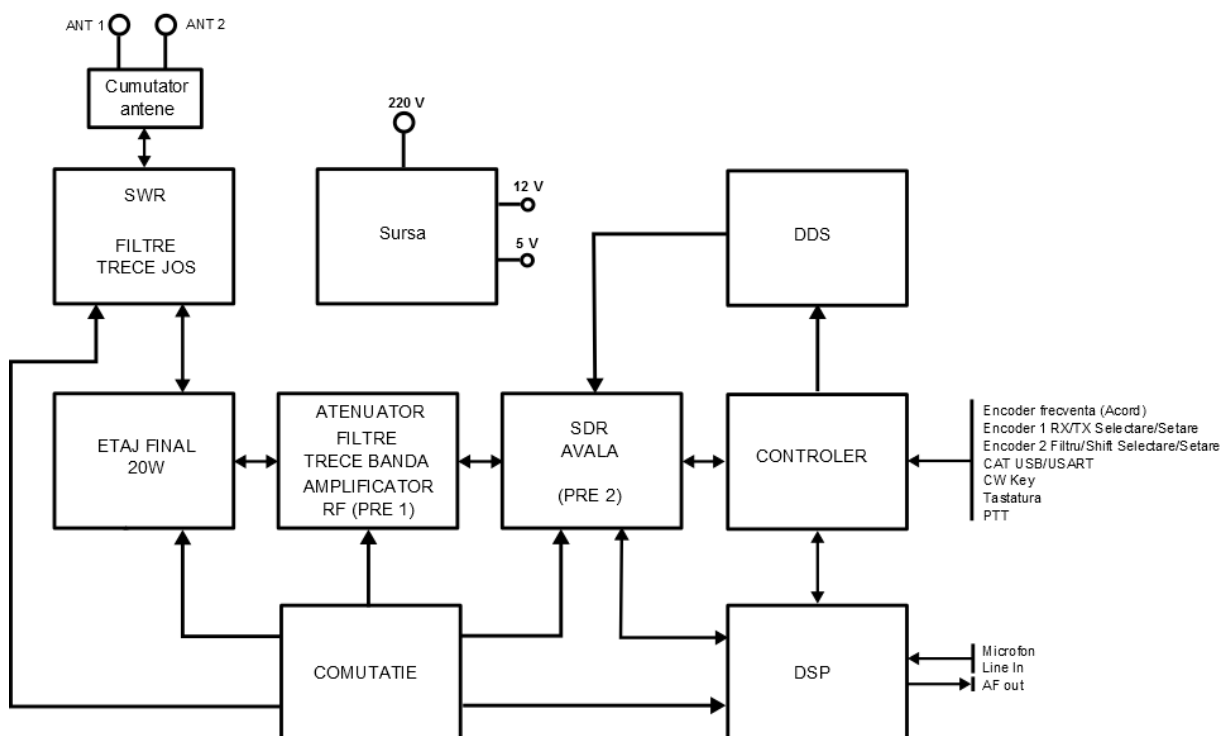
Un lucru bun este faptul ca schemele sunt corecte. Aceasta afirmatie nu este gratuita, transceiverul realizat de mine a fost executat dupa aceasta schema. Am intervenit ca schema doar in modulul de comutatie si la modul de cuplare intre SDR Avala si DSP. Aceste modificari sunt prezentate detaliat in descrierile acelor module.

Chiar daca sunt foarte multe componente pasive acestea au fost verificate piesa cu piesa si selectate. De mare ajutor a fost SMD-testerul (vezi galeria foto Unele utilizate). In unele cazuri am preferat sa asociez doua componente in paralel pentru a obtine valoarea necesara, mai ales la condensatoare unde dispersia valorilor este mai mare. In cazul componentelor pereche intodeauna le-am montat pe ambele odata pentru a nu gresi. In cazul condensatorilor am facut perechile inainte selectand valori cat s-a putut mai egale. In unele cazuri un element al perechi era format din un singur condensator si al doilea element al perechii era format din doua (trei) condensatoare. Atentie ca la lipirea una peste alta a SMD-urilor acestea se incalzesc si valoarea nominala se schimba deci valoarea ansamblului trebuie masurata dupa cel putin 2min. de racire.

Dupa montarea componentelor pasive am alimentat modulul respectiv si am verificat cu un multimer numeric tensiunile la pinii de alimentare a circuitelor integrate, la pinii circuitelor stabilizatoare, la divizoarele de tensiune si in general traseele de alimentare.

Schema bloc

Transceiverul este organizat pe opt blocuri functionale pe care pentru a le repera mai usor in descrierea ce urmeaza le-am numit module.



Comunicarea cu operatorul este realizata in principal de modulele Controller si DSP. Encoderul pentru frecventa este un encoder optic, encoderele 1 si 2 sunt encodere mecanice cu intrerupator.

In versiunea de 20W a transceiverului sursa trebuie sa asigure un current de circa $4\div 5$ A pe linia de 12 V si de 1 A pe linia de 5 V.

Modulele sunt realizate pe cablaj imprimat dubla fata cu treceri metalizate excelent executat (felicitari celor care au proiectat si celor care au realizat cablajele). Fixarea modulelor pe sasiu s-a facut pe distantere de 10 mm in asa fel incat sa fie cel mai convenabil din punctul de vedere al conexiunilor.

In continuare este prezentat modul de functionare, particularitati de constructie si reglare a fiecarui modul.

Modulul Controler

Functionarea transceiverului este asigurata de modulul de control. Acest modul joaca rolul PC-ului utilizat la transceiverele SDR non standalone (Flex, Anan, QS, RTL etc). Rolul placi de sunet este preluat de modulul DSP. Asadar modulul de control numit in continuare **controler** gestioneaza prelucrarea semnalului de la antena la difuzor, a semnalului de la microfon spre antena, a oscilatorului DDS si interfata cu utilizatorul (comanda display-ului).

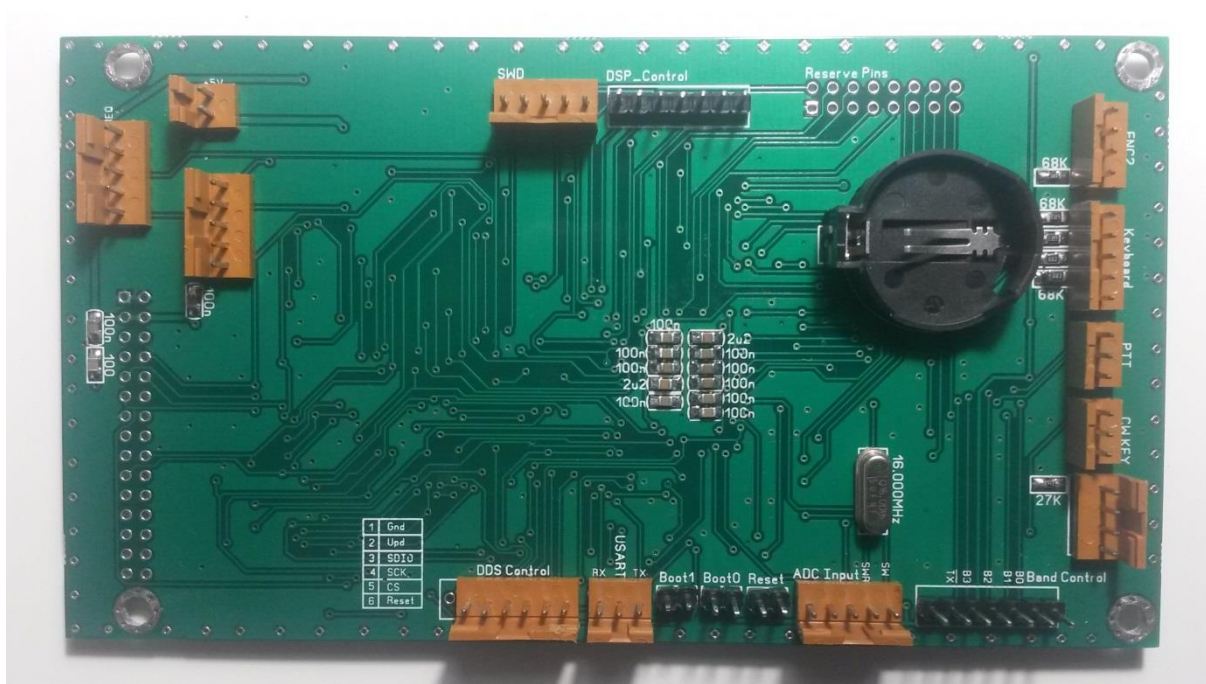
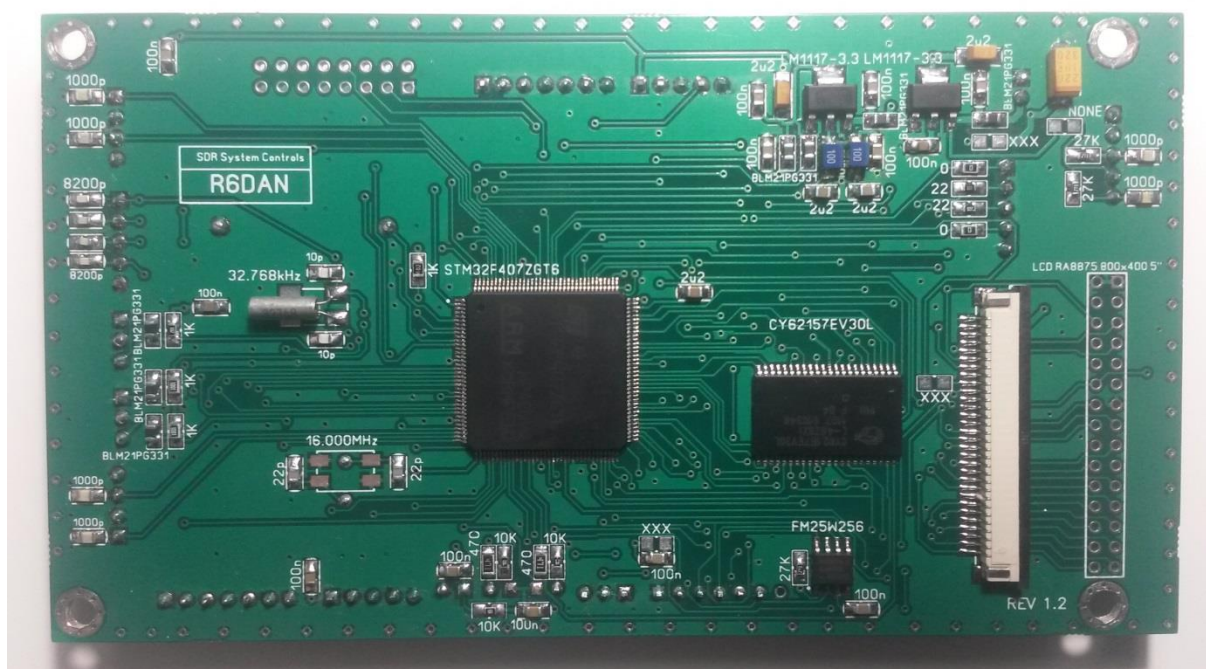
Modulul de control se bazeaza pe microcontrolerul STM32F407ZGT6 din familia STMicroelectronics STM32™versiunea LQFP144 cu 144 de pini. Detalii despre circuit aici http://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers.html, circuitul CY62157EV30 static RAM 8Mbit, circuitul FM25L256 256K bit Ferroelectric Nonvolatile RAM (in care se inregistreaza setarile utilizatorului – setari ce nu se schimba la inlocuirea softului de controler) si display-ul ER-TFTMO50-3 modul LCD cu touch panel.

Acest modul prelucreaza comenzile utilizatorului privind reglarea frecventei de lucru prin encoderul rotativ de tip LPD3806-360BM-G5-24C, selectarea elementelor de meniu respectiv a valorilor alese prin doua encodere de tip EC11E15244C cu intrerupator.

Celelalte componente sunt de uz normal cu specificatiile din schema.

Realizarea practica presupune lipirea tuturor componentelor pe placa de cablaj. In videoclipurile Tulip SDR Controler 1 la 3 puteti vedea o parte din aceasta munca. Va sfatuiesc sa lucrati cu maxima atentie, cu foarte multa rabdare si numai atunci cand sunteti odihniti. Trebuie sa verificati fiecare lipitura la terminalele microcontrolerului, distanta dintre pini este de doar 0,35 mm. Ultima secventa din videoclipul Tulip SDR Controler 3 va arata verificarea prin transparenta a lipirii microcontrolerului (cablajul asezat in fata unei surse puternice de lumina).

Tulip SDR Controler 1	https://www.youtube.com/watch?v=AphP4ViC1wc
Tulip SDR Controler 2	https://www.youtube.com/watch?v=DxAg5BvoVVE
Tulip SDR Controler 3	https://www.youtube.com/watch?v=W4sJUOfQ5YU



Controlerul asamblat.

Nota: Conectorul pentru display si panglica de legatura vin impreuna cu displayul.

Realizarea acestui modul presupune sa aveti cablajul, componentele mentionate mai sus, tastatura, programatorul ST LINK V2 cu programul aferent STM32 ST-LINK Utility v3.8.0 pentru a putea incarca softul de controller, fisierul sys_sdr.hex (softul propriu-zis de controler) .

Fisierele necesare le puteti downloada de aici:

Programe Tulip SDR	http://www.yo2bof.ro/TulipSDR/Programe%20Tulip%20SDR.zip
--------------------	---

Am pus aici si DSP.hex pentru microcontrolerul din DSP.

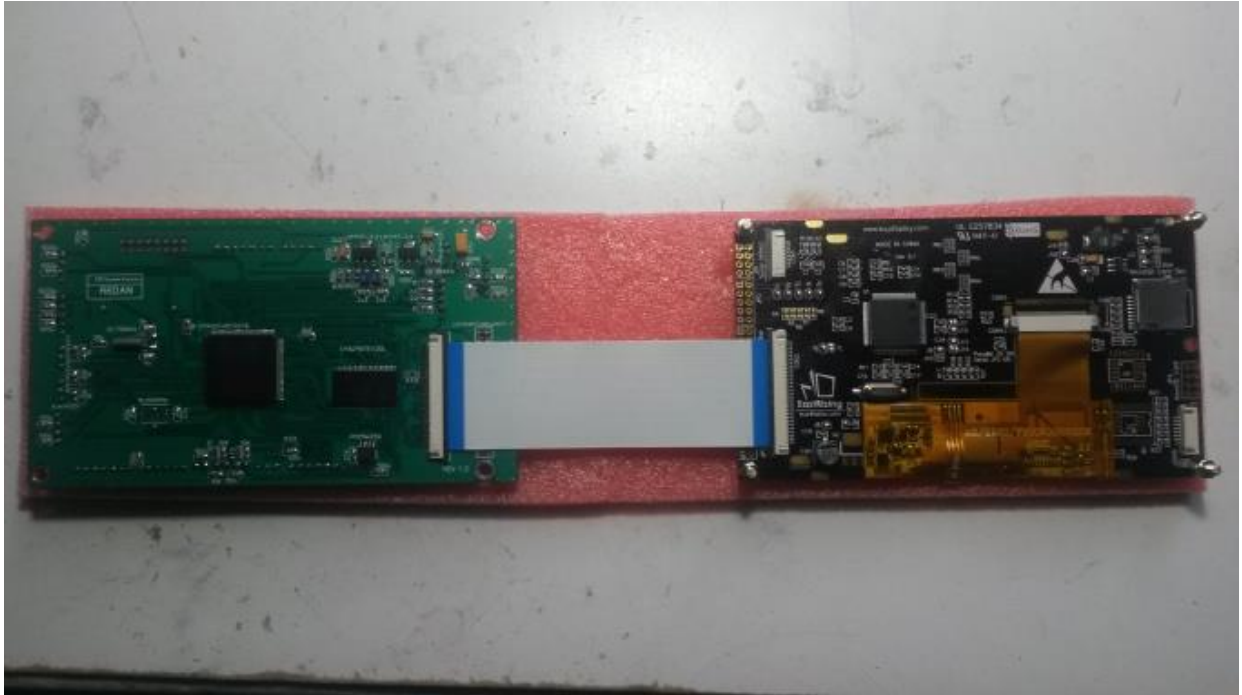
Procedura de programare o puteti urmarii in videoclipul urmator :

Tulip SDR Programare microcontroler.	https://www.youtube.com/watch?v=WOf2K781_Vg
--------------------------------------	---

Inainte de conectarea display-ului este necesara schimbarea unui jumper de pe placa electronica din spatele display-ului. Acesti jumperi sunt mai speciali in sensul ca trebuie sa inlaturati legatura (cositorul) de la J15 si sa uniti cu cositor contactele lui J16. Vezi foto.



Acum diplay-ul este pregatit de conectare la controler. Eu am utilizat cablul panglica, care prin indoire are loc acolo unde se instaleaza controlerul. Dupa teste puteti folosi si conectorul de 30 de pini. (la alegere).

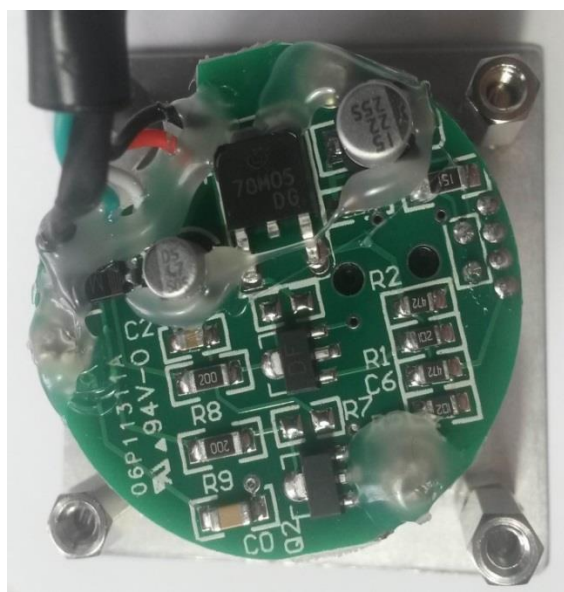
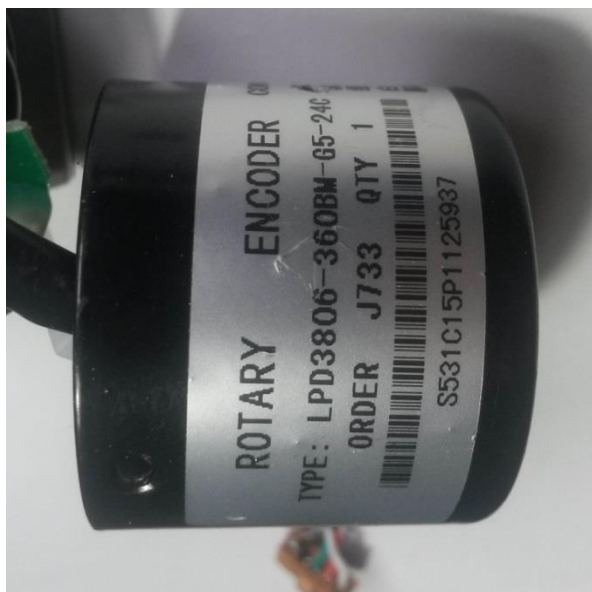


Aveti nevoie de un alimentator de 5V / 1A. Montajul consuma circa 600 mA (in starea normala de functionare - in sarcina pe transceiver finalizat).

FOARTE IMPORTANT : BATERIA CR2032 NU TREBUIE MONTATA IN FAZA DE PROGRAMARE. EA SE MONTEAZA DUPA PROGRAMAREA CONTROLERULUI IN STARE OPRIT

Pentru testarea controlerului trebuie sa aveti pregatite cele trei encodere si tastatura.

Rotary encoder-ul pentru frecventa are un stabilizator intern de 5V, el este pregatit sa lucreze cu tensiuni intre 12V si 24 V, deci aveti nevoie si de o sursa de 12V pentru alimentarea lui. Firul negru de conecteaza la masa, firul rosu la +12V, firele alb si verde la pini 3 si 5 ai conectorului J7. Daca prin rotire spre dreapta frecventa scade atunci inversati cele doua fire. In mod normal prin rotire spre dreapta fecventa afisata creste. Pinul 1 al J7 este masa, iar pinu 4 al J7 ramane liber. Eu am folosit ca suport pinul 2 al J7 care este liber in montaj pentru firul rosu (12V).



Encoder1 si Encoder 2 sunt encodere mecanice. De regula au trei contacte pe partea de encoder si doua contacte pe partea de intrerupator (pusch). Un contact al intrerupatorului il conectati cu masa encoderului si va conectati cu patru fire la controler conector XS12 si XS13. Pin 2 este masa, pin 4 celalalt fir de la intrerupator si pini 1,3 la contactele active ale encoderului. Contactele encoderului depind de tipul de encoder-trebuie sa aveti notita tehnica a encoderului. Puteti determina contactele active cu ohmetrul, stiind ca la rotirea intr-un sens se pune la masa un contact si la rotirea in sens invers celalalt. Contactele de intrerupator sunt separate. (le remarcati usor). Encodelele utilizate de mine au 30 de pozitii si 15 impulsuri la o rotatie.

Tastatura nu pune probleme , respectati doar schema.

GATA !!! puteti alimenta controlerul.

La prima pornire trebuie sa alegeti tipul de display , faceti acest lucru cu un stylus de la telefoane, tablete, etc. De regula prima optiune este 5 inch rezistiv. Primele setari se refera la encoderul de frecventa si tastatura. Apasati MENU, apoi Global option si faceti urmatoarele satari: Encoder step=10, Encoder factor=8, Encoder of pulses=300, Encoder menu step=100, Keyboard=18 buttons. Restul pot ramane deocamdata la valorile implicite.

Urmariti in videoclipul urmator primele minute petrecute cu controlerul viitorului transceiver

Tulip SDR Primele momente.

<https://www.youtube.com/watch?v=RX9CjUj7ITY>

Modulul DDS

Direct digital synthesizer (DDS) este asa cum ii spune numele un generator de semnal (RF) controlat direct de un sistem ce lucreaza digital. In cazul acestui transceiver este controlat direct de modulul Controller.

Realizarea sa nu este dificila, mai ales dupa "incercarea" de la constructia controllerului. Eu am ales versiunea cu AD9952 (Fara un motiv anume ...). Dupa lipirea componentelor pasive si a stabilizatoarelor de tensiune am verificat toate tensiunile cu multimetrul. Am lipit oscilatorul de referinta (100MHz) , circuitul formator DS90LV028 si in final circuitul AD9952. Pentru circuitul formator aveti optiunea SN65LVDT340 - dar atentie acesta se lipeste pe dosul cablajului.

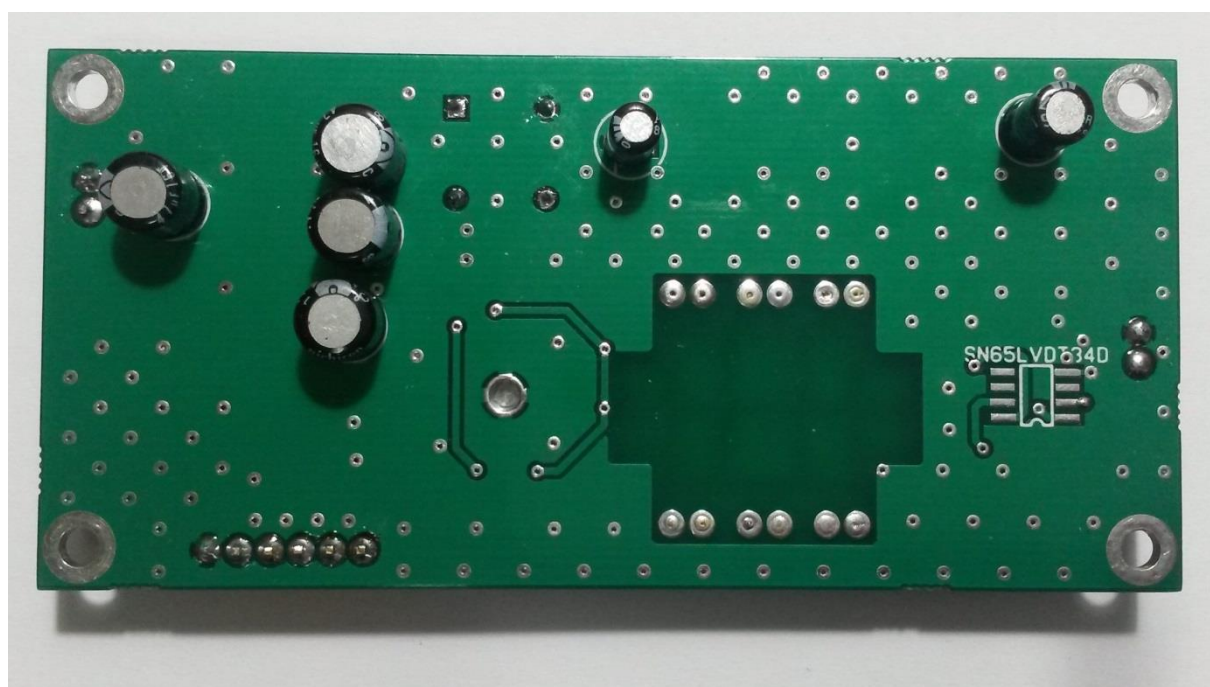
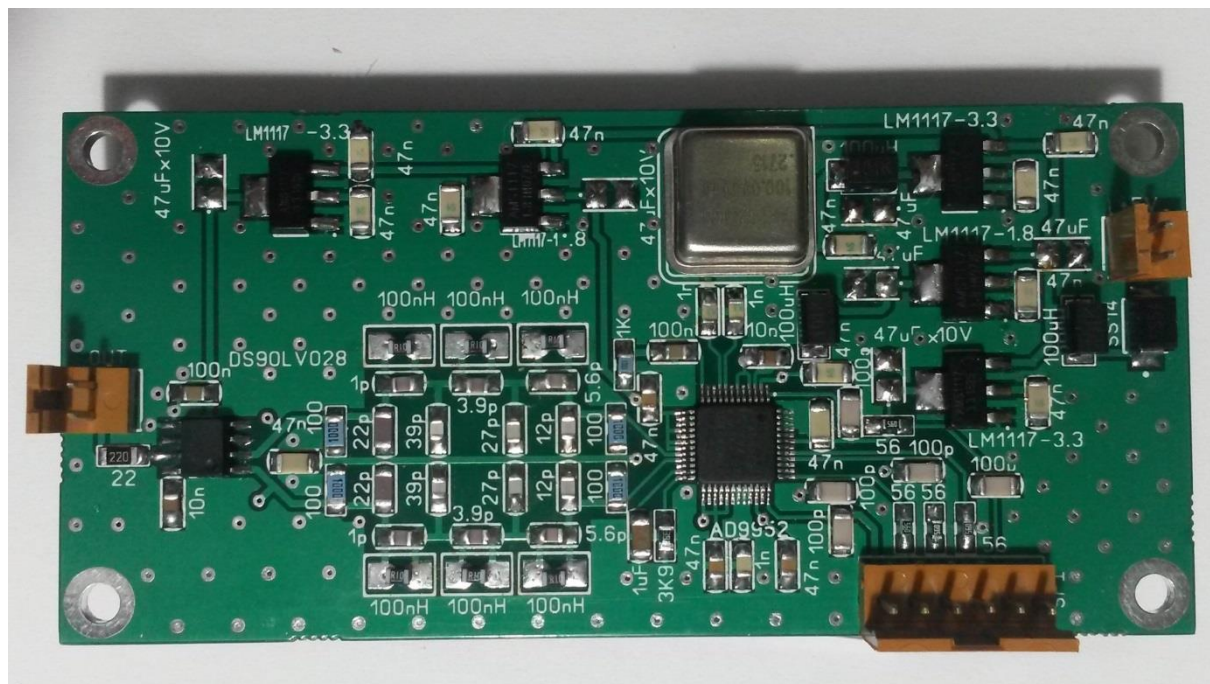
L-am alimentat cu 5V si am verificat din nou tensiunile. Am constatat ca tensiunea pe circuitul AD9952 este de doar 1,6V. Am considerat ca circuitul nu poate lucra corect la aceasta tensiune. Cauza scaderii tensiunii se datora socului L9 de 100μH care din pacate avea o rezistenta ohmica prea mare (6-7Ω). In acest modul mai sunt doua socuri identice dar, 0,2-0,3V cadere de tensiune pe ele nu afecteaza functionarea stabilizatoarelor de 3,3V si 1,8V. Am inlocuit socul L9 cu un soc de 10μH (asta am gasit rapid...) dar cu rezistenta de sub 1Ω. Dupa aceasta modificare tensiunea pe AD9952 a devenit 1,8V (tensiunea de lucru).

Am realizat un cablu cu 6 fire si conexiune 1 la 1 pentru conectarea DDS-ului la Controller. XS2 la DDS cu XS5 la Controller. Pinul 7 de la conectorul XS5 ramane liber. La conectare va orientati dupa pinul legat la masa (pinul 1 la XS5).

La prima pornire Controller - DDS intrati in MENU>DDS Configuration si setati urmatoorii parametrii : CLK Freq(MHz)=100, DDS1 mux=4, Frequency factor=4. Ceilalti parametrii raman "0" (zero)

Conectati la iesirea DDS-ului un frecventmetru si trebuie sa constatatati ca frecventa generata este de 4 ori frecventa afisata pe display cu transceiverul in mod AM sau FM. In modul LSB si USB frecventa generata de DDS este data de relatiile din Anexa 3. Daca veti conecta un osciloscop trebuie sa vedeti semnalul generat (teoretic dreptunghiular). Nu trebuie sa va faceti probleme privind forma de unda, oricum nu conteaza deoarece semnalul este trecut printr-un circuit de formare care detecteaza trecerile prin zero.

Dece frecventa este de 4 ori mai mare ? - deoarece detectorul Tayloe (in modulul SDR Avala) divide aceasta frecventa cu 4.



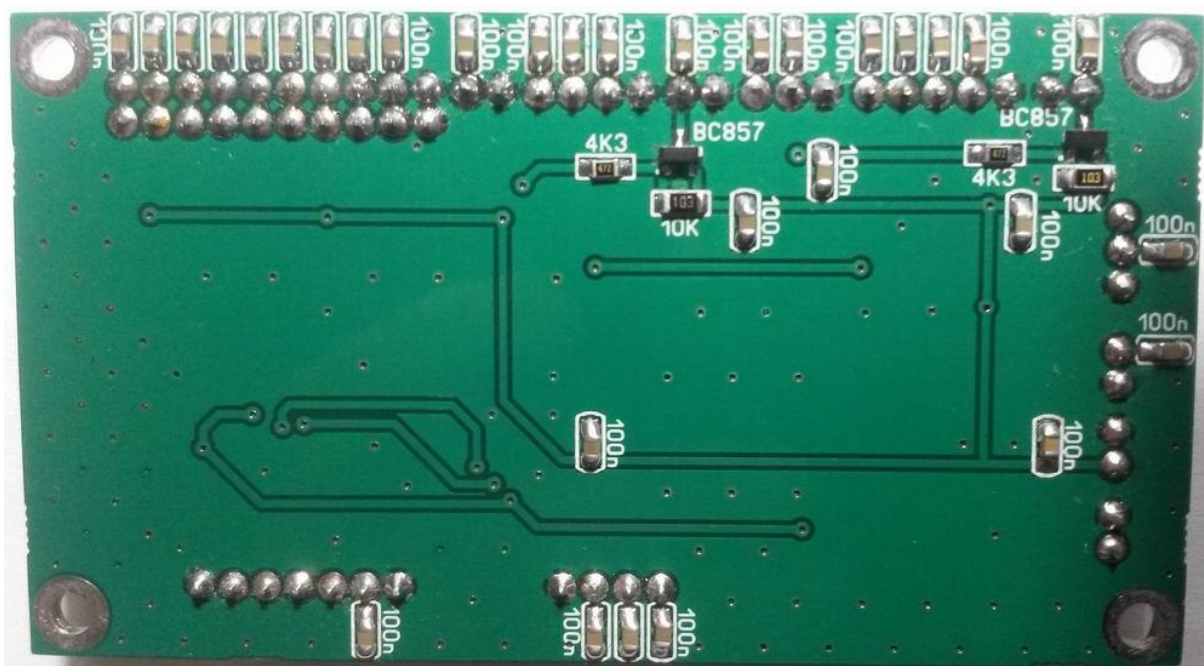
In videoclipul de mai jos puteti urmarii aspecte din timpul realizarii modulului DDS

Tulip SDR - DDS

<https://www.youtube.com/watch?v=EbHohojdVn8>

Modulul Comutatie

Realizarea acestu modul nu pune probleme.

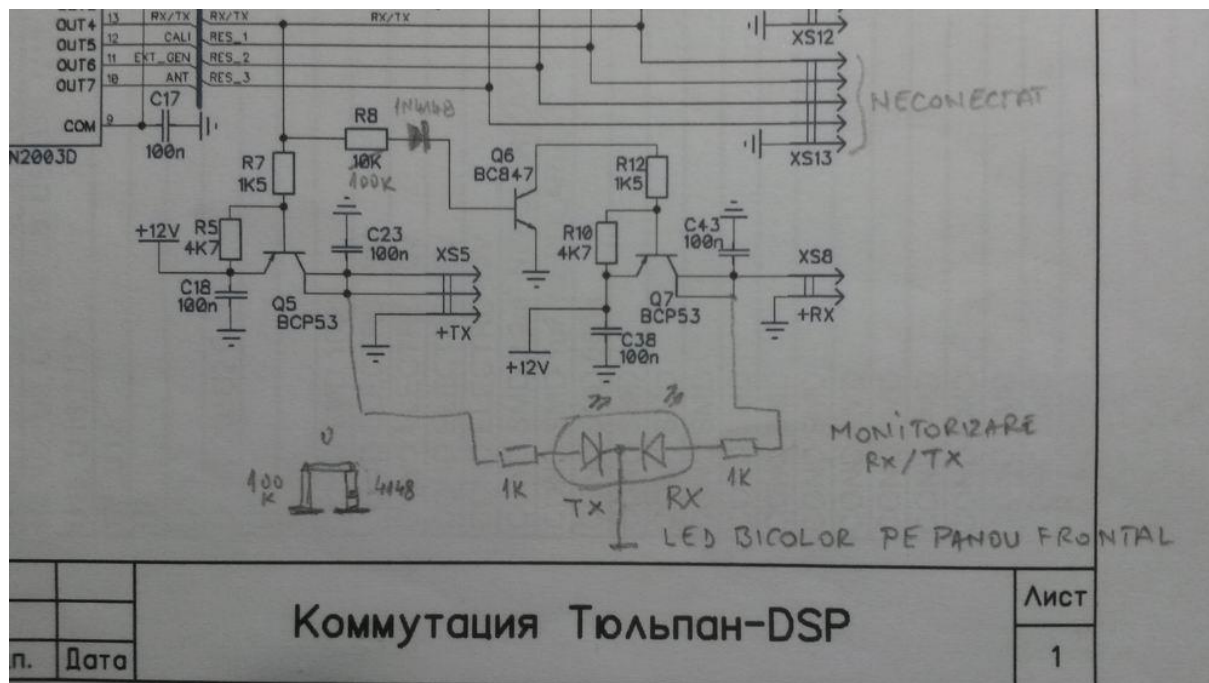


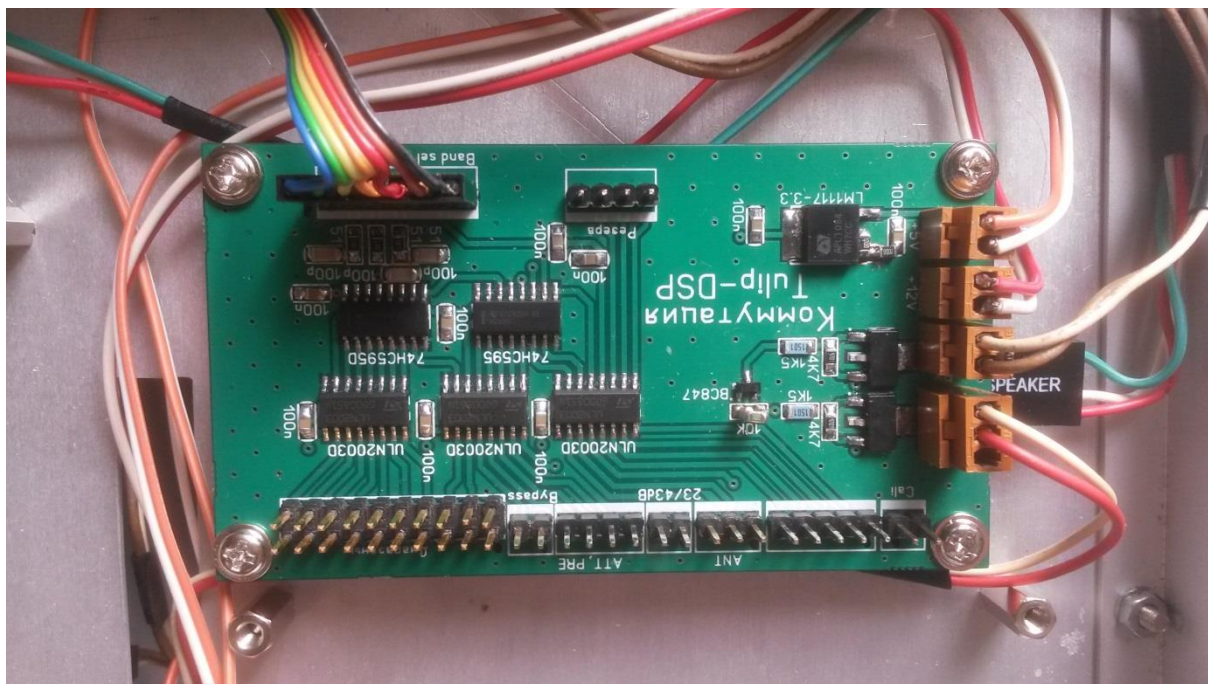
La punerea în funcție a acestui modul am constatat că la trecerea pe emisie linia +RX nu comută la trecerea pe emisie. După verificarea schemei și a circuitului ULN2003D am constatat că tensiunea de ieșire din ULN2003D nu scade suficient pentru a se realiza comutarea de către Q6. Am înlocuit tranzistorul cu un alt exemplar BC847 B cu beta mai mic, dar situația nu s-a remediat. Studiind mai atent schema internă a lui ULN2003D am tras concluzia că acea tensiune de ieșire nu poate scădea mai mult de 0,6V datorită structurii în Darlington a circuitului. În această situație am înlocuit rezistorul de 10 K (R8) cu un rezistor de 100K inseriat cu o diodă cu siliciu pentru o cadere suplimentară de tensiune de aprox. 0,6V. În urma acestei modificări modulul funcționează perfect.

Celelalte ieșiri ale circuitelor ULN2003D nu sunt influențate de această tensiune reziduală.

Controlul liniilor RX și TX fiind foarte important am decis să montez pe panoul frontal un led bicolor (recuperat) pentru siguranța operării transceiverului. Lucru ce s-a dovedit util deoarece pe display pictogramele RX și TX sunt destul de mici.

În fotografiile de mai jos se văd modificările la care se face referire în text.





La ora cand am realizat acest modul nu aveam LM1117-3,3V si l-am inlocuit cu APL1084 (recuperat de pe placi de baza de comp.), dar fiind de tensiune variabila am intrerupt legatura la masa si am inserat un divizor rezistiv 1k2 spre plus si 2k spre masa. In mod normal nu trebuie sa faceti aceasta modificare decat in cazul cand inlocuiti piesa din schema.

Modulul SDR AVALA

Modulul SDR Avala denumit astfel de YU1LM (autorul acestui modul) este unul din cele mai importante module ale transceiverului Tulip. Fata de varianta initiala schema sa a fost modificata continuu de diferiti constructori experimentatori. Versiunea de fata lucreaza foarte bine si este usor de pus la punct. Presupunand ca aveti schema in fata ([SDR AVALA](#)) sa urmarim pe rand lantul de receptie si apoi pe cel de emisie.

Transceiverul Tulip (pe jumatate Avala !) este un transceiver "SDR cu conversie indirecta" a semnalului RF bazat pe detectorul in cuadratura a lui Tayloe (Tayloe-SDR). In cazul acestui tip de SDR conversia A/N (analog numerica) nu se realizeaza direct pe semnalul de radiofrecventa. Conversia analog numerica se aplica semnalelor I si Q extrase din banda de baza obtinuta prin translatarea benzii de radiofrecventa intr-o banda cu frecvente din domeniul audio cu ajutorul unui oscilator local (la acest transceiver oscilatorul local este modulul DDS), de aici si numele "SDR cu conversie

indirecta". Ca referinta bibliografica va recomand cele doua articole *Conceptul SDR* si *SDR pentru radioamatori* pe care le gasiti in capitolul [Informatii tehnice](#) pe blog

Circuitele U4, U2, U6, U7, U8, U9.1, U10.1 si componentele aferente formeaza detectorul Tayloe. Astfel: circuitul U4 are rol de formator a semnalului de la DDS, circuitul U2 si o poarta din U4, divide semnalul de la DDS si genereaza cele patru semnale defazate cu 90° necesare comutatorului U6. (doua semnale defazate cu 90° se zic in cuadratura - de aici si numele de detector in cuadratura). Circuitele U7, U9.1 si U8, U10.1 extrag cele doua componente I si Q care nu sunt altceva decat doua semnale defazate cu 90° (de joasa frecventa). Atunci cand la intrare (XS3 prin C1) se aplica un semnal de frecventa constanta, iar DDS-ul genereaza un semnal cu frecventa decalata cu 700 Hz, frecventele semnalelor I si Q sunt 700 Hz, dar defazate cu 90° . Este cazul in modul CW, unde ecartul de frecventa este +700 Hz pentru CWL si -700 Hz pentru CWU. In SSB acest decalaj este de 3 KHz si deci semnalele I si Q sunt semnale de audiofrecventa in banda o la 3KHz. Asadar pe pozitia SSB un semnal purtator (o frecventa fixa nemodulata) este transformat in doua semnale I si Q cu frecventa de 3KHz si defazate cu 90° .

Circuitele U9.2 si U10.2 amplifica semnalele I si Q de 10 ori, se realizeaza astfel functia de preamplificare PRE2, releul K3.1 prin contactele K3.2 si K3.3 realizand acest lucru.

O mica paranteza. Am gasit pe forum-uri afirmatia ca realizarea unui SDR este dificila si ai nevoie de piese speciale... ca sa realizezi defazajul de 90° , lucru complet gresit. Defazarea se realizeaza cu circuite bistabile (74HC574) printr-o schema de numarare, asadar defazarea nu are cum sa nu fie 90° . Pastrarea acestui defazaj in lantul de prelucrare a semnalului pana la conversia A/N este problema. Semnalele I si Q sunt semnale complexe, si datorita frecventei care variaza in domeniul benzii de baza prelucrarea pe cai distincte face dificila mentinerea defazajului. Voi explica la modulul DSP cum se realizeaza aceasta compensare.

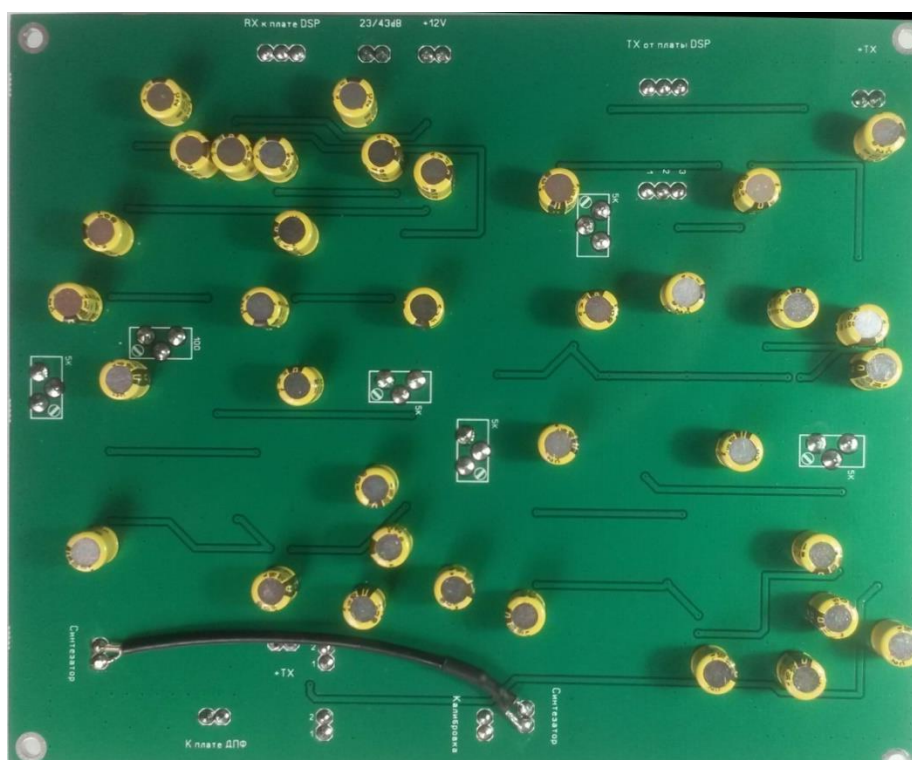
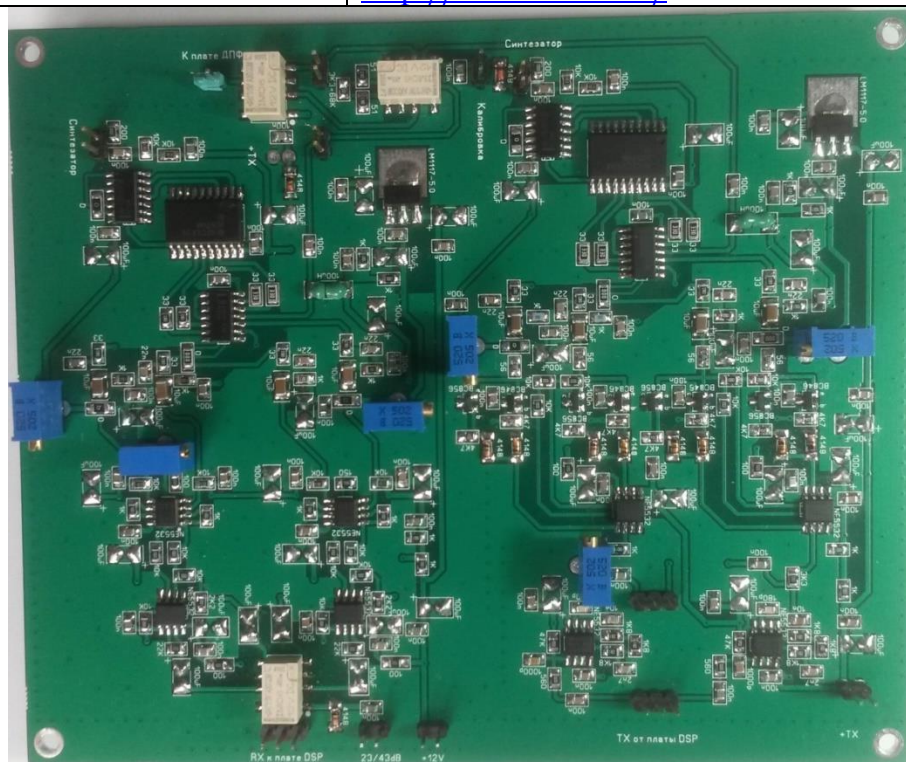
In cazul modulului SDR Avala datorita schemei alese defazajul semnalelor I si Q se obtine prin reglajul precis a unor tensiuni. Acest lucru este valabil atat pentru emisie cat si pentru receptie. ACESTE TENSIUNI SE MASOARA SI SE STABILESC FARA NICI O COMPONENTA ACTIVA MONTATA PE PLACA, NICI UN CIRCUIT INTEGRAT, DOAR COMPONENTELE PASIVE (TOATE) SI CELE DOUA STABILIZATOARE DE 5V.

Procedati astfel: Dupa montarea completa a componentelor pasive si a celor doua stabilizatoare de 5V, alimentati modulul cu 12V pe linia de receptie. Se verifica tensiunea de 5V la iesirea circuitului U16. La modulul construit de mine aceasta tensiune este de 4,98V. Divizorul R6,R7 si R20, R21 injumatatesc aceasta tensiune. Adica verificati ca aceasta tensiune sa fie exact jumătate din cea rezultata la iesirea din stabilizator. Precizia trebuie sa fie de doua zecimale. La modulul construit de mine aceasta tensiune este de 2,49V. Daca aceasta conditie nu se respectata verificati valorile rezistoarelor ce formeaza aceste divizoare si modificarile pana obtineti exact jumătatea tensiunii stabilizatorului. Tensiunea de la divizorul R20, R21 trebuie sa se regaseasca pe condensatoarele C29 si C31. Din semireglabili de 5K reglati cu precizie de doua zecimale aceeasi tensiune pe condensatorii C30 si C32. Cele patru tensiuni trebuie sa fie identice. Initial in modulul original Auala aceste semireglabile nu erau, ele au fost introduse pentru a compensa eventuala intarziere introdusa de U6 a celor patru cai. La faza finala de verificare, daca va fi cazul aceste tensiuni vor putea fi usor modificate, in mod normal nu este cazul. Pentru a testa metoda am lipit pe rand trei circuite 74HC4066 si modulul a functionat la fel. Ba chiar recomand ca daca I si Q nu sunt exact in faza sa incercati mai multe exemplare 74HC4066 decat sa modificati acele tensiuni. Faptul de a fi egale este capital. Tot de mare importanta este si urmatorul reglaj. Cu un ohmetru masurati valoarea rezistorului R55, care trebuie sa fie in jur de 150Ω , in cazul meu valoarea lui R55 este $150,9\Omega$. Acum reglati R50 de 100Ω astfel incat intre terminalele 2 si 6 ale circuitului U8 sa obtineti exact valoarea rezistentei rezistorului R55.(adica $150,9\Omega$ in cazul meu). Repet, faptul de a fi egale este capital. Cu cat sunt mai egale cu atat si amplitudinile celor doua semnale I si Q sunt egale.

Acum puteti deconecta modulul de la 12V si continua plantarea componentelor de pe lantul de receptie.

In acest moment aveti deja un receptor cu care puteti sa faceti receptii. In videoclipurile de mai jos puteti vedea cele patru semnale care comanda comutatorul 74HC4066, cum sa verificati corectitudinea semnalelor I si Q, cum sa conectati aceste semnale la o placa de sunet dintr-un calculator si cu ajutorul programului HSDR sa faceti primele receptii cu noul dumneavoastra transceiver. Puteti chiar evalua cu precizie suficient de buna pentru un amator eroarea de faza si amplitudine. Eu am obtinut o eroare de faza de sub un grad si o eroare de amplitudine de 0,006%.

Tulip SDR Comanda detector Tayloe	https://www.youtube.com/watch?v=x5P_NluxWKg
Tulip SDR Rx Avala	https://www.youtube.com/watch?v=2gISlMkgpk8
Tulip SDR Rx Avala + HDSDR	https://www.youtube.com/watch?v=mtA7YqapH38
Download HDSDR	http://www.hdsdr.de/



Sa urmarim in continuare lantul de emisie.

Modulul DSP transmite modulului Avala semnalul modulator (AM, FM, SSB, CW, FSK) in format I si Q adica doua semnale de audiofrecventa defazate la 90° si amplitudini egale la intrarea XS13 a modulului Avala. Aceste semnale sunt amplificate de lantul U13 si U14. Semnalele pot fi verificate la iesirea de masura XS10. Pentru a le aduce la nivelele si defazajele necesare detectorului Tayloe (care aici formeaza semnalul RF modulat) cele doua semnalele sunt amplificate (U11 si U12) si defazate inca o data cu 90° rezultand astfel patru semnale identice ca amplitudine si defazate cu 90° , 180° si 270° ce se aplica circuitului U5 la a iesirea caruia prin C4 semnalul de RF ajunge la borna de iesire din Avala XS1. Circuitul U5 este comandat de semnalul RF de la DDS formatat ca si pe lantul de receptie de circuitele U1 si U3.

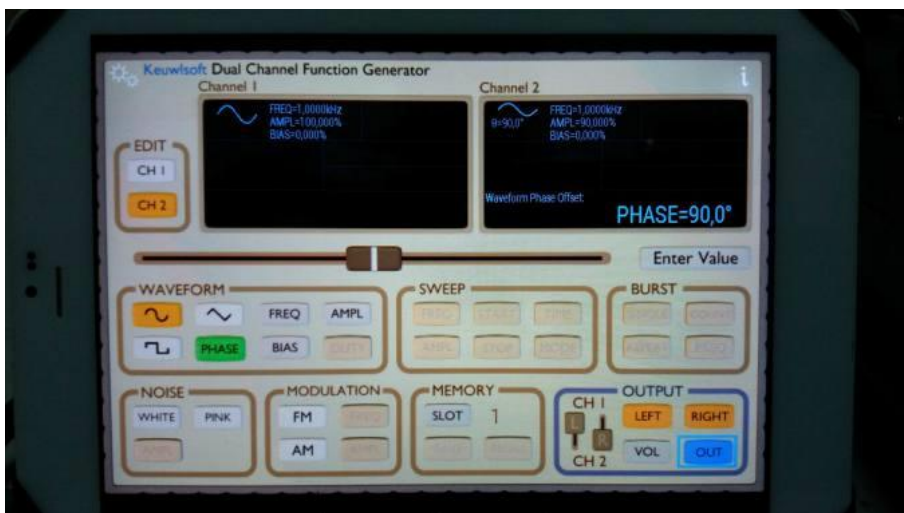
Lantul de emisie este alimentat doar pe timpul emisiei de tensiunea 12V TX ce este asigurata de circuitul de comutatie. (Vezi modulul comutatie). Pe acest modul se afla si circuitul regulator U15 care asigura tensiunea de 5V.

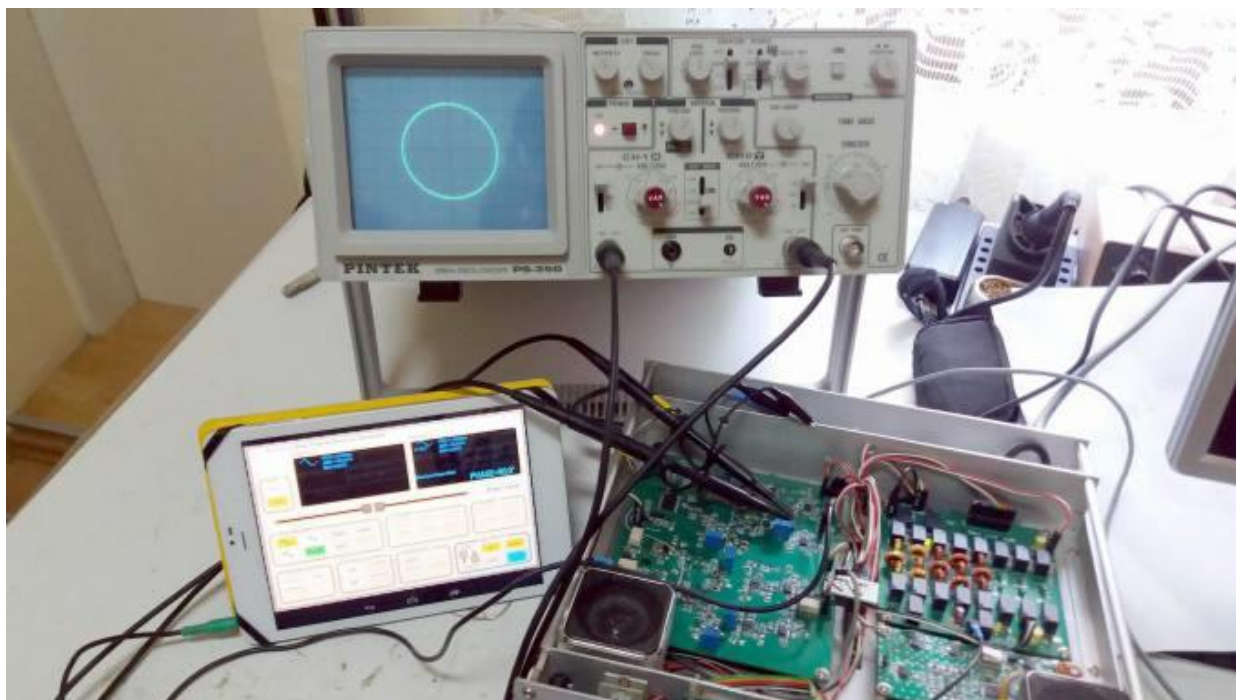
Pentru reglarea lantului de emisie am procedat ca si la receptie, pana nu am lipit componentele active am reglat valoarea ansamblului R96+R97 la valoarea lui R95. In cazul meu 3390Ω . Nu este importanta valoarea ci faptul sa fie egale. Doar in cazul cand in punctul de masura XS10 amplitudinile nu sunt egale, se va interveni la R97 astfel incat la pinul 2 al lui U11 sa avem aceeasi amplitudine ca la pinul 2 al lui U12. R40 si R41 se regleaza de asa maniera ca tensiunile pe C36,C27,C38 si C39 sa fie identice (precizie de 2 zecimale). Verificati semnalele de comanda generate de U1 si U3. Ele trebuie sa fie ca la receptie si le puteti vedea in videoclipul _ .

Tulip SDR Comanda detector Tayloe	https://www.youtube.com/watch?v=x5P_NluxWKg
-----------------------------------	---

Verificarea la cald a lantului de emisie puteti sa o faceti cel mai usor dupa ce aveti modulul DSP terminat. Daca tineti sa o faceti inainte aveti nevoie de un generator de audiofrecventa dual capabil sa genereze doua semnale defazate cu 90° . Procedati astfel: Pe un telefon smart sau pe o tableta cu android descarcati din Google Play aplicatia "Function Generator" de la Keuwlsoft. Instalati aplicatia si incercati sa va familiarizati cu ea. Semnalele le puteti extrage de la borna de casca si printr-un cablu ecranat sa le

conectati la intrarea XS13 a moduluiui Avala. Reglati semnalele la 1000 Hz si aceeasi amplitudine iar diferenta de faza la 90° . Conectati un osciloscop cu doua canale la punctul de masura XS10 si urmariti semnalele si defazajul. Apoi verificati semnalele ce ajung la pinii 2, 3, 9, 10 a lui U5. Ele trebuie sa ramana sinusoidale si de aceeasi amplitudine, si defazate cu 90° , 180° si 270° luand unul din ele referinta.





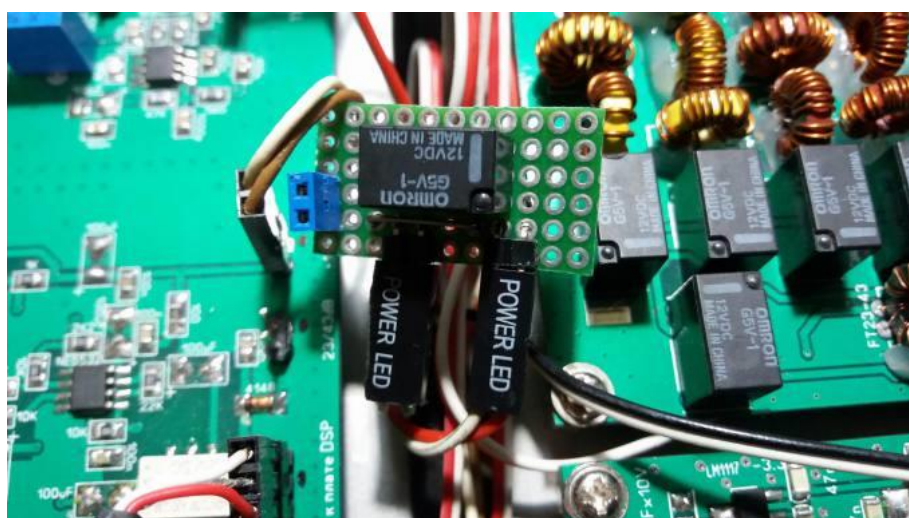
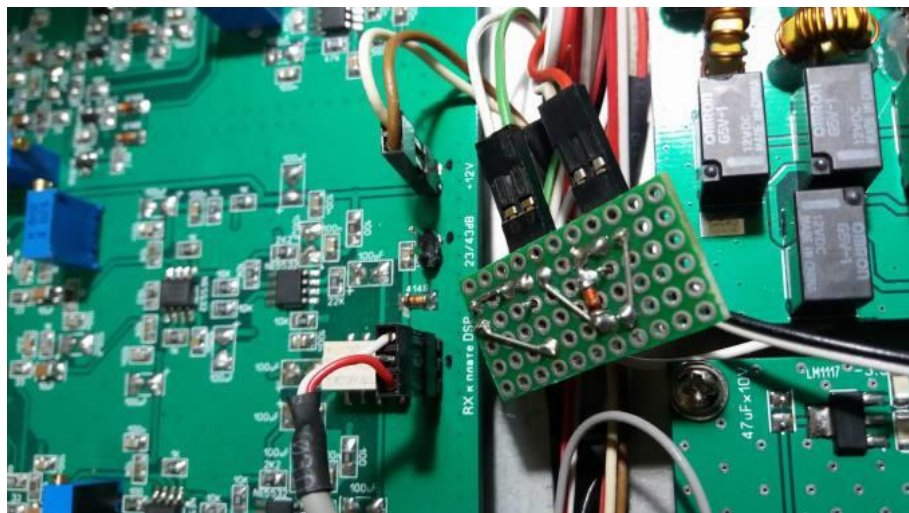
Aceleasi reglaje le puteti efectua dupa terminarea modulului DSP astfel : Deschideti Menu>TX Option si stabiliti urmatoorii parametri Twotone gen gain - 100, Twotone mode - One, Twotone gen freq1 - 1000. Acum treceti transceiverul pe emisie apasand tasta TONE, la punctul de masura XS10 trebuie sa aveti cele doua semnale I si Q egale ca amplitudine si defazate la 90° . In continuare procedati ca si la metoda cu generator.

In cazul in care in punctul de masura XS10 semnalele nu sunt corecte amanati problema reglajului liniei de emisie pana aveti terminat si modulul de DSP. Conectati osciloscopul cu dublu spot in punctul de masura XS10 si din Menu > activati Calibration imbalance. In submeniul ce va apare modificati valoarea Gain pina cele doua semnale I si Q au amplitudini egale. Verificati cu functia XY a osciloscopului daca figura este un cerc. Daca cercul este inclinat reglati Phase pana cand figura este un cerc perfect. Aceste operatii trebuie sa le faceti pe fiecare banda si sa interveniti daca este cazul. In videoclipul de mai jos am incercat sa ilustrez metoda Calibrare.

Tulip SDR Calibrare	https://www.youtube.com/watch?v=2T9PizMi2qU
---------------------	---

NOTA IMPORTANTA !

Releul K3 este cablat gresit in sensul ca in pozitia de contacte relaxate iesirea XS8 este conectata la iesirea lui U9.2 si U10.2 adica dupa amplificarea de 10 ori a semnalului rezultat din detectorul Tayloe. Aceasta face ca la functia PRE2 din Controller sa auzim un semnal mai mic si nu mai mare. Remedierea acestei situatii se poate face prin modificarea corespunzatoare a cablajului (nu va recomand - pacat de calitatea realizarii PCB-ului) sau prin inversarea functiei PRE2, lucru mult mai usor de realizat cu un releu care pe pozitia normala alimenteaza releul K3 (iesirea XS8 fiind conectata la U9.1 si U10.1 - cum e normal) si in prezenta tensiunii pe linia 23/43db de la Comutatie prin functia PRE2 din Controller intrerupe alimentarea lui K3 acesta comutand iesirea XS8 la U9.2 si U10.2 . Am realizat acest mic montaj pe o placuta plasata direct pe connectorul XS12.



Modulul DSP

Texas Instruments a introdus acum peste treizeci de ani , procesorul de semnal digital (DSP = Digital Signal Processor) care a evoluat de la un procesor de sine statator la ansambluri cu mai multe nuclee. Un articol bine documentat gasiti chiar pe pagina de internet a Texas Instrument [Demystifying digital signal processing \(DSP\)](#).

Modulul DSP al transceiverului Tulip utilizeaza un microcontroler STM32F407VET6 din generatie recenta al producatorului ST Microelectronics, ST este a cincea cea mai mare companie de semiconductoare din lume, lider de piată în multe domenii. STM32F407VET6 este un microcontroler de înaltă performanță, cu un nucleu, ARM Cortex - M4 pe 32 de biti,intr-o capsula cu 100 de pini (LQFP 100). Acest microcontroler include un set complet de instrucțiuni DSP.

Semnalul de la iesirea modulului Avala (XS8) este conectat la intrarea XS1 a modulului DSP. Circuitele U1, U2,U3,U4 formeaza un filtru dublu trece jos cu frecveta de taiere la 23 KHz, si o dependenta liniara intre faza semnalului si logaritmul frecventei. Circuitele U5 si U6 asigura conectarea si inversarea corespunzatoare a semnalelor I si Q la circuitul U7. La realizarea acestui etaj trebuie sa folositi componente sortate si imperechiate corespunzator pentru a rezulta parametrii cat mai egali pentru cele doua cai. Nu trebuie sa ne facem prea multe probleme deoarece aceste filtre sunt corect calculate, trebuie doar sa le realizam cu componente de calitate si fara greseli. Ar fi foarte greu daca nu imposibil de gasit o componenta montata gresit sau de valoare diferita de cea din schema. Pericolul este destul de mare, avand in vedere diversitatea de inscripționare a valorilor componentelor SMD (sau lipsa inscripționarii), ceea ce impune masurarea fiecărei componente pasive. Dezastrul ar fi si mai mare daca am confunda rezistoare cu condensatoare si invers.

Circuitul U7 - CS4272 este un codec stereo, adica un circuit cu doua functii, conversie D/A si A/D (D=digital, A=analog). CS4272 este un produs al firmei Cirrus Logic capabil sa lucreze cu o rata de esantionare de 192 KHz pe 24 de biti. Altfel spus acest circuit converteste semnalele analogice I si Q in omoloagele lor digitale care pe magistrala Port ø ajung la microcontroler unde sunt decodificate. Tot pe Port ø rezultatul decodificarii (demodularii) ajunge inapoi la U7 unde este convertit digital/analog . Semnalele analogice (de audiofrecventa) rezultate sunt insumate, adaptate de circuitul U8 si trimise la conectorul XS3 de unde prin potentiometrul de volum (dublu) ajung la amplificatorul de audiofrecventa U9 si livrate difuzoarelor.(conectorul XS4) Nu am gasit mentionata

valoarea potentiometrului de volum asa ca am ales 50K Ω (logaritmic) recuperat dintr-un receptor auto. (Mi-a placut ca era mic ca dimensiuni si a putut fi montat langa encodelele 1 si 2).

Lantul de emisie functioneaza asemanator. Semnalul de la microfon este amplificat de U11 si formeaza un canal audio, respectiv semnalul de linie este amplificat de U10 si formeaza al doilea canal audio. Aceste semnale sunt convertite A/D de U12 si pe magistrala Port 1 ajung la microcontroler. Aici are loc procesul de generare a semnalelor I si Q care poarta cu ele semnalele de la microfon sau linie in functie de intrarea aleasa, respectiv tipul de modulatie setat de operator in modulul Controler. Semnalele digitale I si Q se intorc la U12 si sunt convertite D/A. Semnalele rezultate din U12 sunt formatate si adaptate intrarii intr-un filtru dual cu aceleasi caracteristici ca si cel de receptie , frecventa de taiere fiind 9KHz. Si aici este valabil ce am scris mai sus la filtrele de receptie in ce prveste realizarea practica.

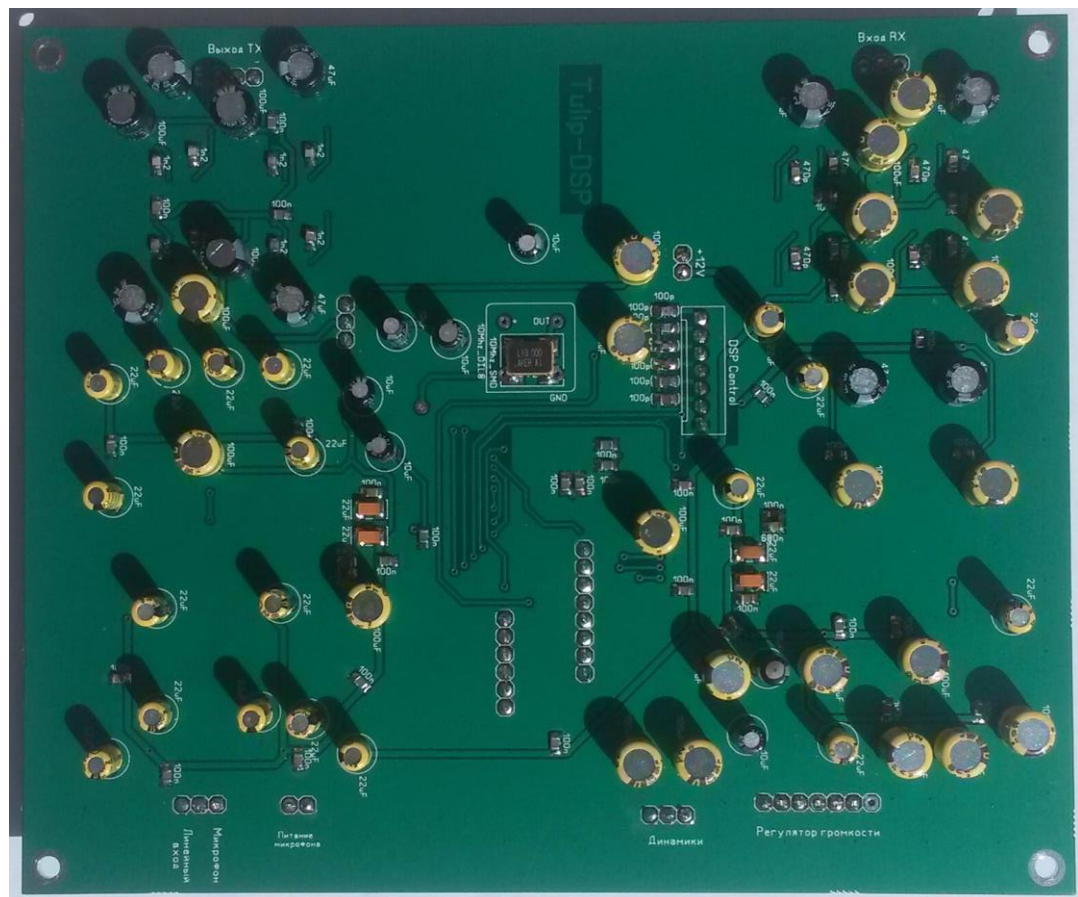
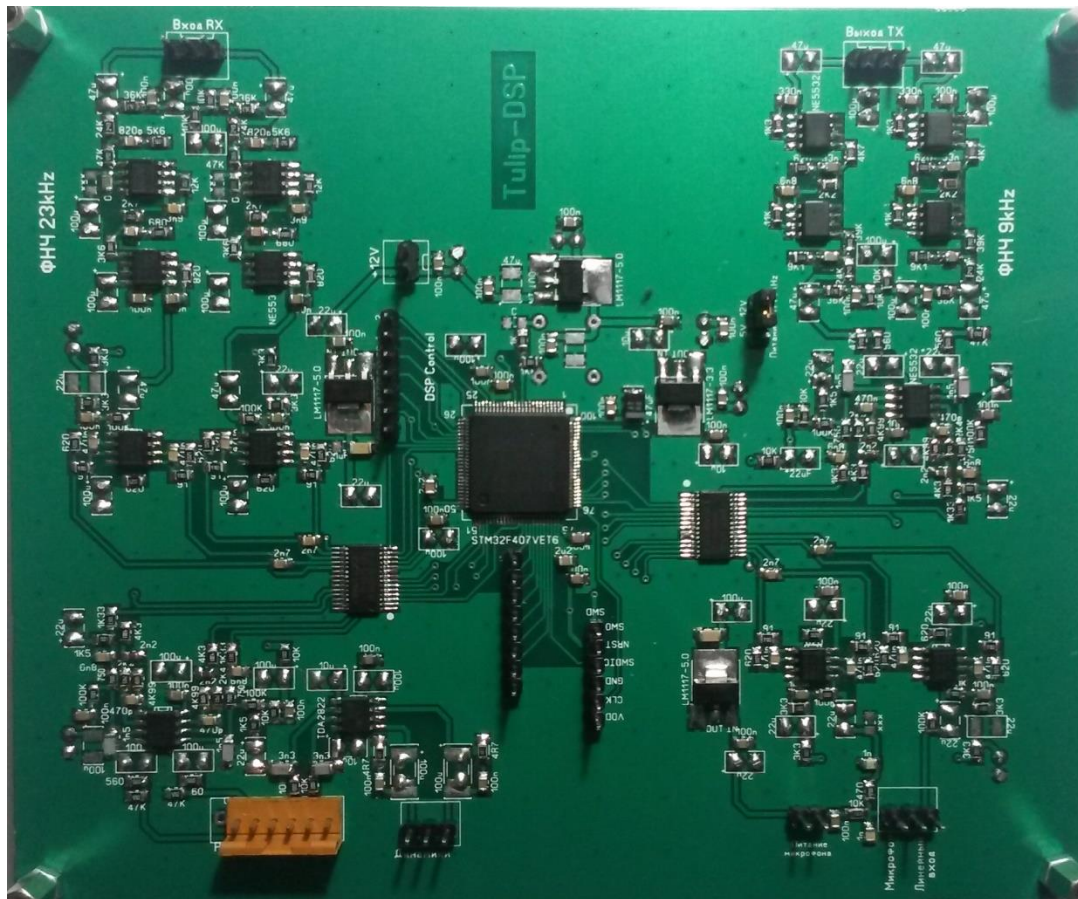
Circuitul STM32F407VET6 (U22) asigura prelucrarea semnalelor digitale atat la receptie cat si la emisie pe baza programului transferat circuitului la programare, si comandat de modulul Controler.

Si la acest modul inainte de lipirea componentelor active, am alimentat modulul DSP cu 12V si am verificat traseele de alimentare la circuite si microcontroler, respectiv la stabilizatoarele de 5V si 3,3 V. Am lipit apoi toate componentele.

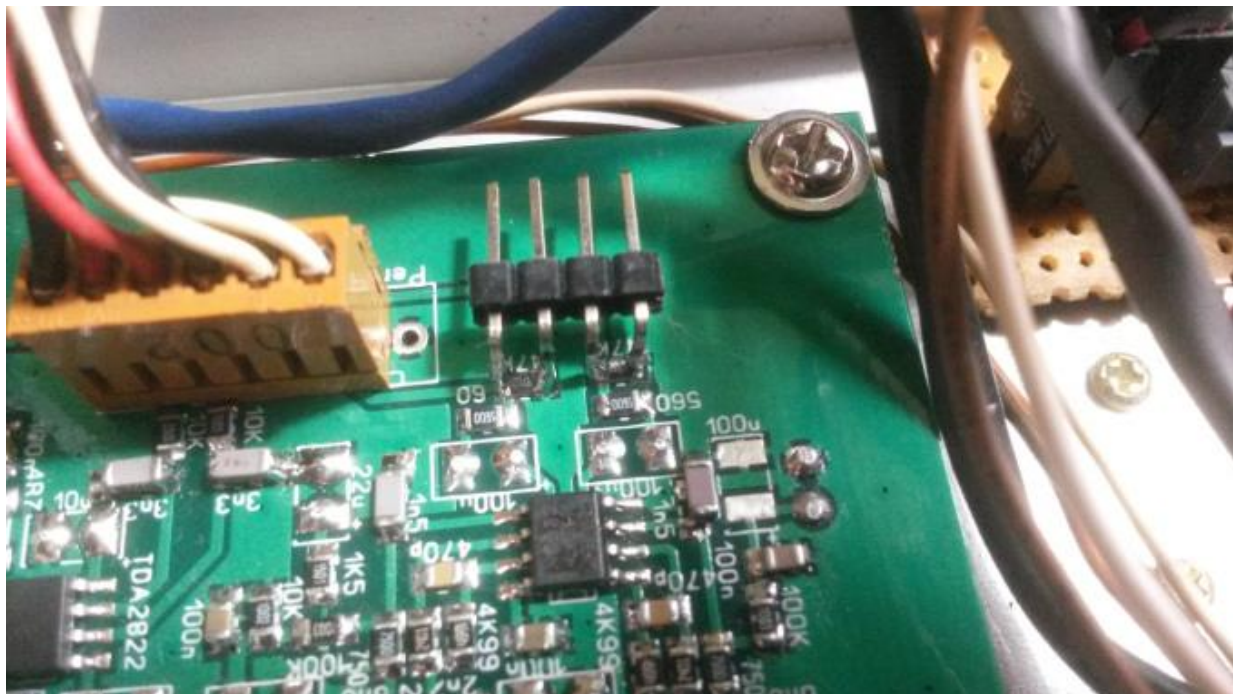
Cateva aspecte din timpul realizarii acestui modul se pot urmari in videoclipul urmator:

Tulip SDR DSP	https://www.youtube.com/watch?v=fJctW5sjSt8
---------------	---

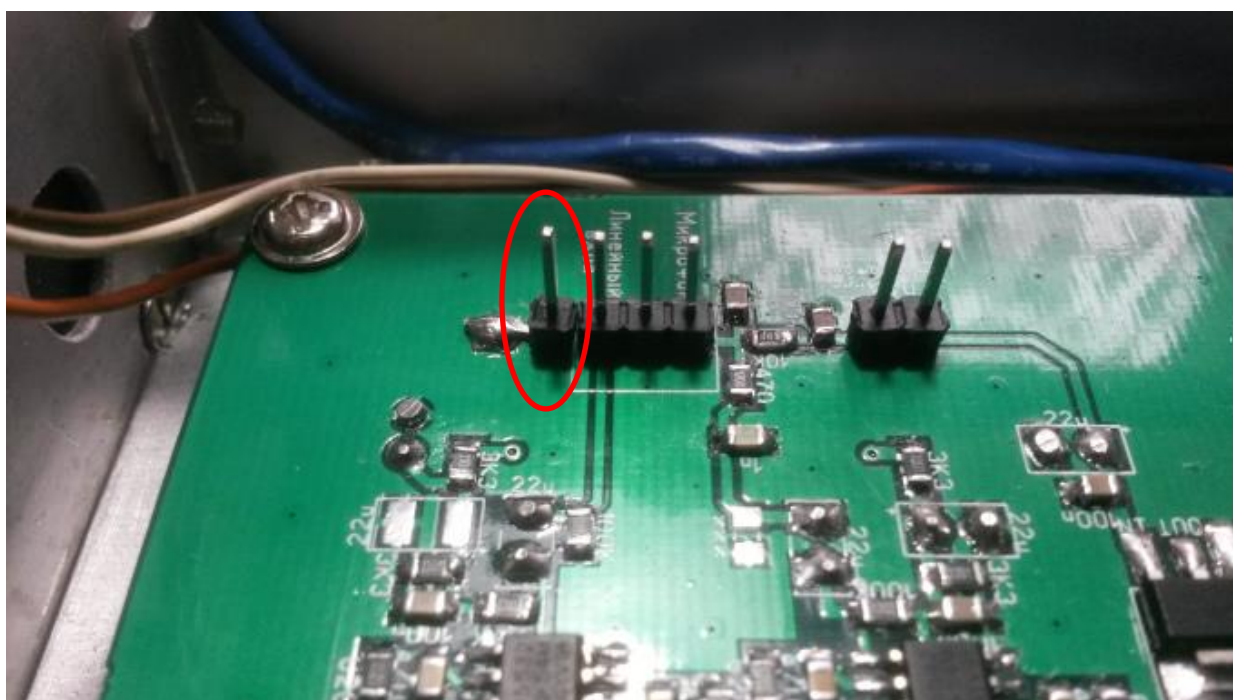
Pentru programarea microcontrolerului aveti nevoie de programatorul ST LINK V2 cu programul aferent STM32 ST-LINK Utility v3.8.0. si fisierul DSP.hex, pe care il puteti downloada de aici [Programe Tulip SDR](#). Conectati pini SWDIO, GND, SWCLK de la programator cu pini SWDIO, GND si CLK de pe modulul DSP. Procedati ca si la programarea microcontrolerului din modulul Controler. [Tulip SDR Programare microcontroler](#).



Pentru lucrul in moduri digitale aveti nevoie de semnalele audio inainte de potentiometrul de volum. Conectorul XS2 nu exist ape cablaj asa ca am procedat ca in foto de mai jos. Practic conectorul este lipit direct pe rezistoarele R55 si R56.



Pentru conectorul de linie am lipit un pin suplimentar la masa pentru a putea conecta doua cabluri, unul pentru microfon si unul pentru linie.(fiecare cu masa lui). Vezi foto:



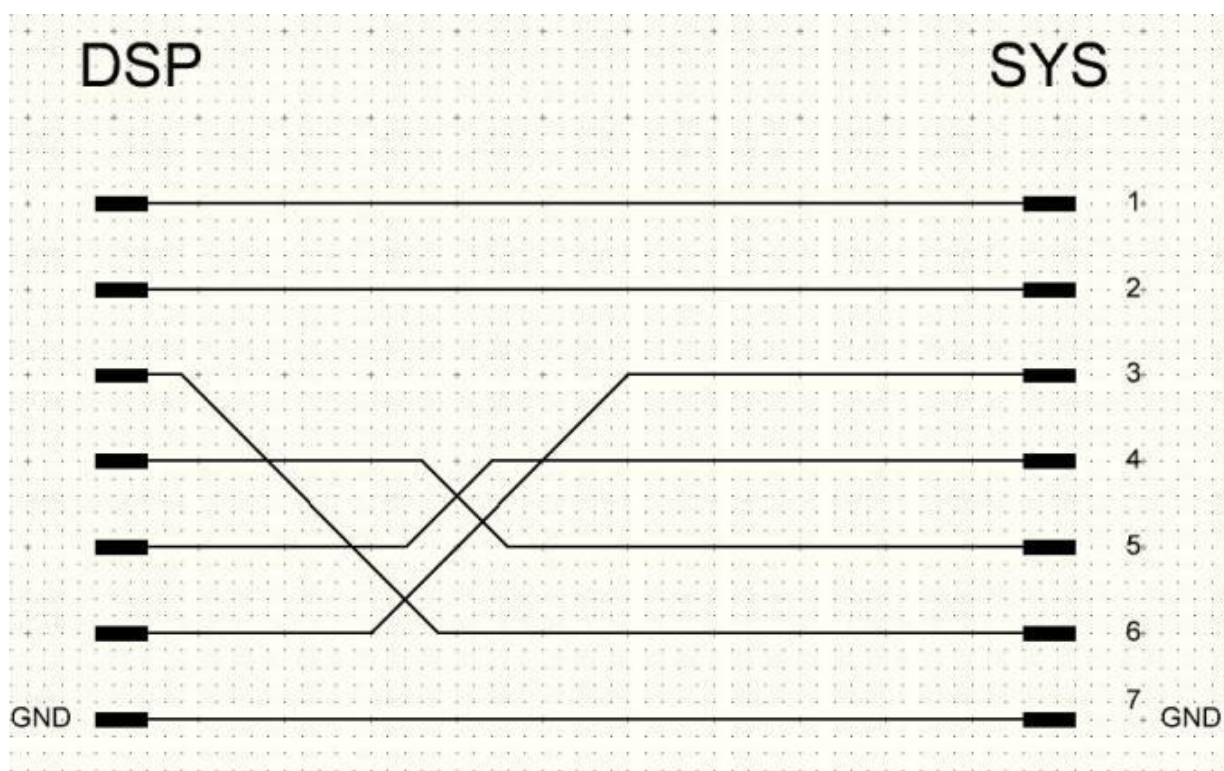
Realizat corect, modulul nu necesita reglaje si functioneaza OK.

La interconecarea modului in ansamblul transceiverului am constatat o anomalie in ce priveste trecerea de pe emisie pe receptie. Dupa mai multe masuratori si observatii am concluzionat ca valoarea condensatoarelor de la intrarea de receptie C1 si C2 de 47 μ F nu permite descarcarea suficient de repede a lor, iar tensiunea reziduala perturba functionarea operationalelor din partea de filtrare pana la codec. Nici excursia de tensiune intre condensatoarele de la iesirea din Avala (100 μ F) si intrarea in DSP nu era corecta pentru condensatoare polarizate, mai ales ca cele de 100 μ F sunt lagate cu un capat la 12V si cele de 47 μ F sunt legate cu un capat la 6V. Solutia a fost inlocuirea condensatoarelor C1 si C2 cu condensatori nepolarizati. Experimental am ajuns la valoarea de 1 μ F (nepolarizat) care mi s-a parut optima.

RECOMANDARE: INLOCUIESTE CONDENSATORII C1 SI C2 DE 47 μ F DIN MODULUL DSP CU DOI CONDENSATORI DE 1 μ F NEPOLARIZATI.

Nu uita sa conectezi un jumper pentru alimentarea la 12V a parti de filtru de 9KHz.

Legatura de la Controler (SYS) XS7 la DSP XS11 se realizeaza ca in figura de mai jos:



Modulul filtre RX

Modulul filtre RX contine doua etaje de atenuare unul cu 10dB si unul cu 20 de dB comutabile din Controler cu functia ATT1 si ATT2, filtre de receptie comutabile de asemeni din Controler prin comutarea bezii si un etaj amplificator de radiofrecventa realizat cu tranzistorul Q2 comandat de tranzistorul Q1 din controler prin functia PRE1. Amplificarea etajului este de circa 10dB. Modul filtre RX

Comutările atenuatoarelor si filtrelor se realizeaza cu relee. Comutarea releelor ce conecteaza/deconecteaza atenuatoarele este semnalizata de leduri (pentru control). Comutarea perechilor de relee ce comuta benzile de receptie este de asemeni semnalizata de leduri. Relee filtre receptie

Din lista de componente a acestui modul necesita atentie releele K1 si K2 de tip TQ2-12V. In seria de fabricatie exista inca doua tipuri identice la exterior dar cu functionare complet diferita si inutilizabile in acest montaj. Este vorba de tipul TQ2-L1-12V (1-coil latching) si TQ2-L2-12V (2-coil latching). Deci atentie marita cand comandati aceste relee sa nu fie litera L in codul componentei. Cele fara L sunt mai scumpe, deci nu va lasati pacaliti de pret.

Pentru cei mai putin familiarizati cu torurile de ferita AMIDON vezi tabelele de mai jos. Multumesc lui Sorin YO7CKQ pentru info.

Miezuri toroidale din pulbere de fier

Model	Dimensiuni D x d x H [mm]	Al [nH/sp ²]*	Marcaj (**)	Lei/buc
T200-2	50.8 x 31.8 x 14	12	ROSU	33
T200-6	50.8 x 31.8 x 14	10.4	GALBEN	34
T130-2	33 x 20 x 11	11	ROSU	13
T130-6	33 x 20 x 11	9.6	GALBEN	16
T130-17	33 x 20 x 11	4	ALBASTRU/GALBEN	16
T80-2	20.2 x 12.6 x 6.35	5.5	ROSU	8.5
T80-6	20.2 x 12.6 x 6.35	4.5	GALBEN	9.5
T80-10	20.2 x 12.6 x 6.35	3.2	NEGRU	11
T80-17	20.2 x 12.6 x 6.35	2.2	ALBASTRU/GALBEN	10
T68-2	17.5 x 9.4 x 4.83	5.7	ROSU	2.6
T68-6	17.5 x 9.4 x 4.83	4.7	GALBEN	2.8
T50-1	12.7 x 7.7 x 4.83	10	ALBASTRU	2.6
T50-2	12.7 x 7.7 x 4.83	4.9	ROSU	2.5
T50-3	12.7 x 7.7 x 4.83	17.5	GRI	2.7
T50-6	12.7 x 7.7 x 4.83	4	GALBEN	2.5
T50-7	12.7 x 7.7 x 4.83	4.3	ALB	2.5
T50-10	12.7 x 7.7 x 4.83	3.1	NEGRU	2.7
T37-2	9.53 x 5.21 x 3.25	4	ROSU	2
T37-6	9.53 x 5.21 x 3.25	3	GALBEN	2
T37-10	9.53 x 5.21 x 3.25	2.5	NEGRU	2.3

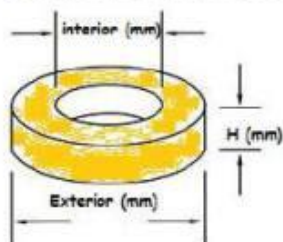
* Al = +/- 5%

** se face prin vopsirea pe trei laturi a torului

Miezuri toroidale din ferita

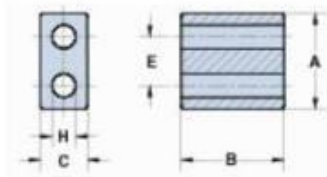
Model	Dimensiuni D x d x H [mm]	Al [nH/sp ²]	Marcaj (*)	Lei/buc
FT140-43	35.5 x 23 x 12.7	885	A	24
FT140-61	35.5 x 23 x 12.7	150	B	26
FT114-43	29 x 19 x 7.5	510	A	9
FT114-61	29 x 19 x 7.5	75	B	11
FT82-43	21 x 13.2 x 6.35	470	A	7
FT50-43	12.7 x 7.15 x 4.9	440	A	2.3
FT50-61	12.7 x 7.15 x 4.9	69	B	2.6
FT37-43	9.5 x 4.75 x 3.4	350	A	1.8
FT37-61	9.5 x 4.75 x 3.4	55	B	2

* La torurile din ferita marcarea se face prin culoarea naturala a materialului : **A** negru lucios (stralucitor) si **B** negru mat



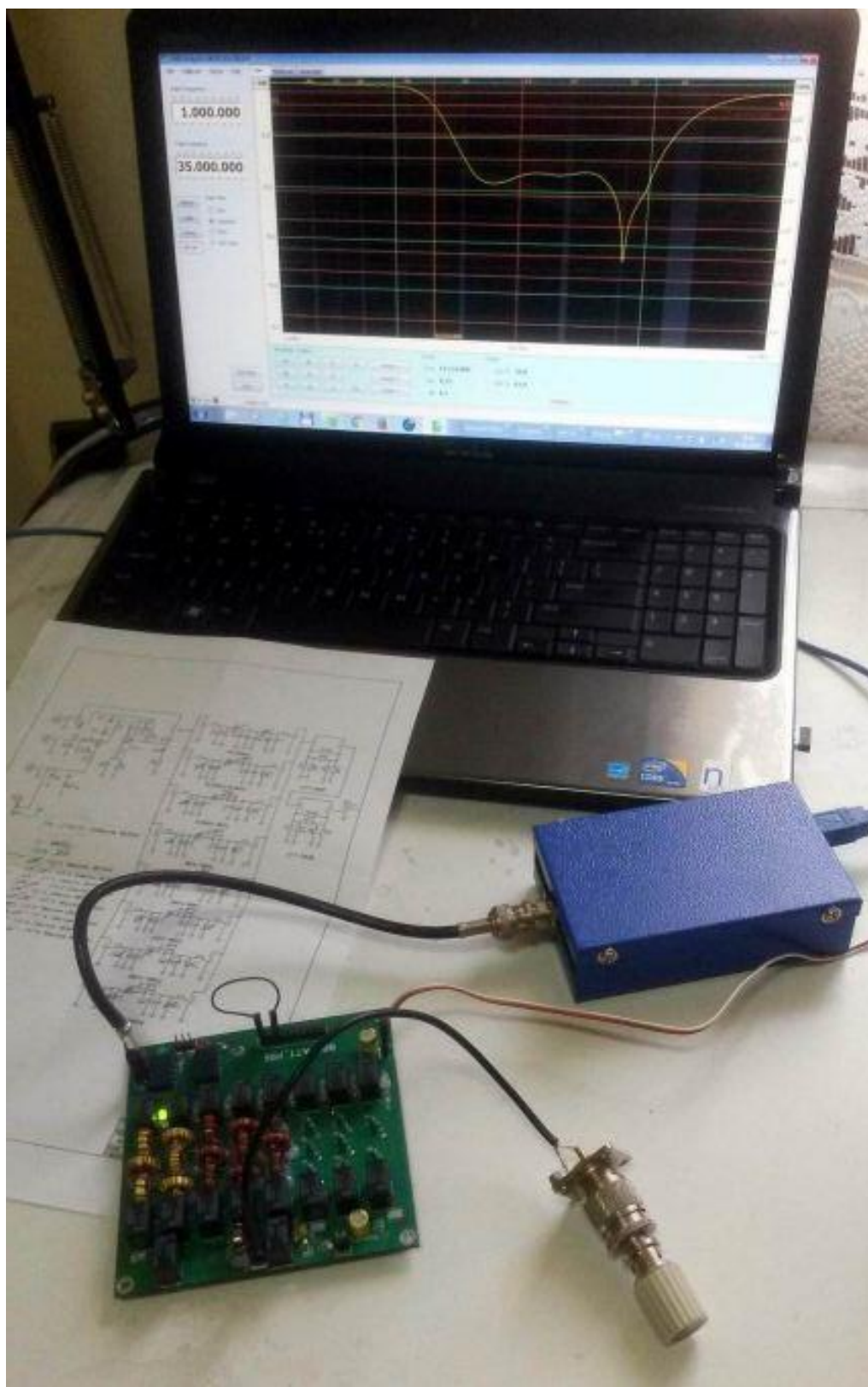
Miezuri binoculare din ferita

Model	Dimensiuni A x B x C [mm]	Al [nH/sp ²]	Marcaj (**)	Lei/buc
BN-43-1502	13.3 x 6.6 x 7.5	1050	A	3.2
BN-61-1502	13.3 x 6.6 x 7.5	278	B	4.2
BN-43-2402	7 x 6.2 x 4.2	1440	A	3.3
BN-61-2402	7 x 6.2 x 4.2	250	B	3.3
BN-43-202	13.3 x 14.4 x 7.5	1280	A	3.7
BN-61-202	13.3 x 14.4 x 7.5	385	B	3.8
BN-73-202	13.3 x 14.4 x 7.5	12000	NEGRU	4
BN-43-3312	19.6 x 25.4 x 9.5	7000	A	14



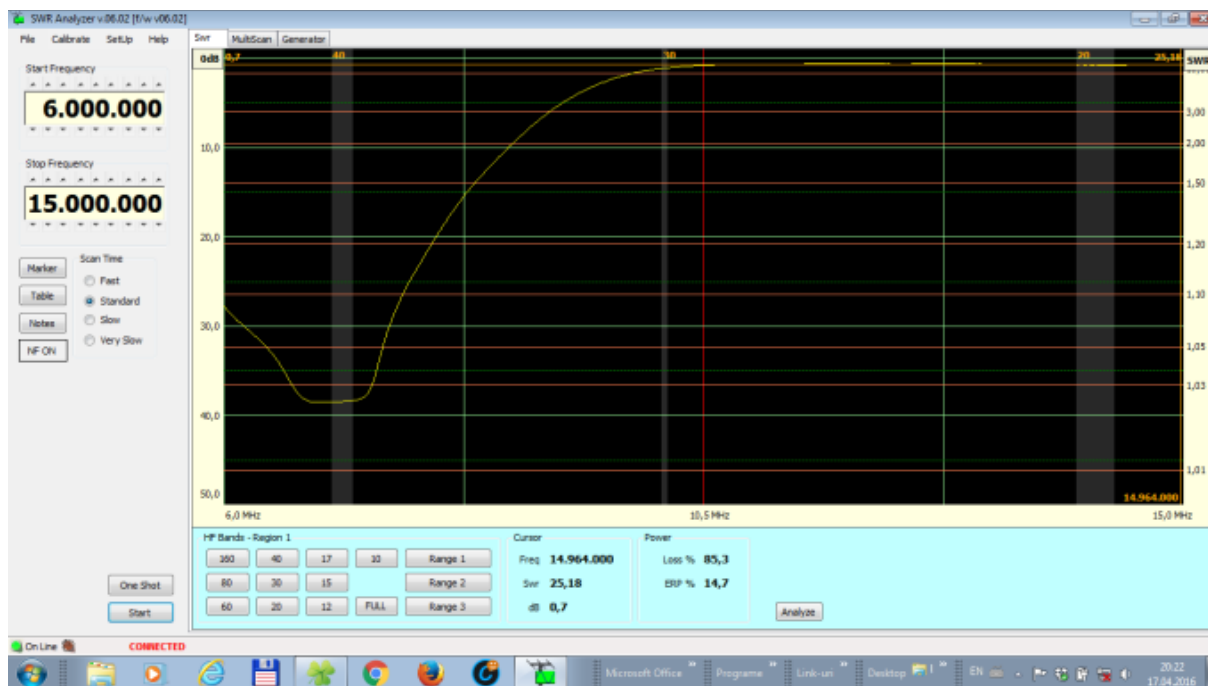
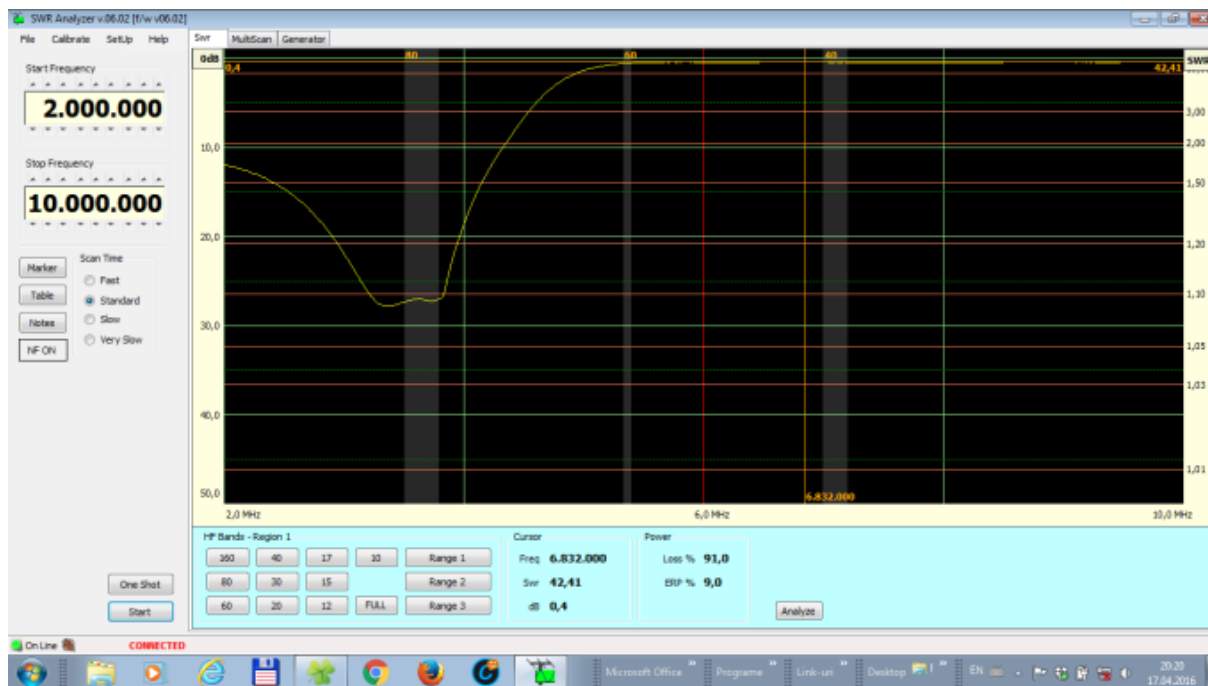
Datele bobinelor sunt prezentate pe schema de principiu. In faza de reglaje la unele bobine a fost necesar retusarea in minus cu o spira sau doua. Reglajul filtrelor s-a realizat in special din condensatoarele de acord avand in vedere ca pentru fiecare condensator de acord sunt doua alveole, putand pune doi condensatori in paralel.

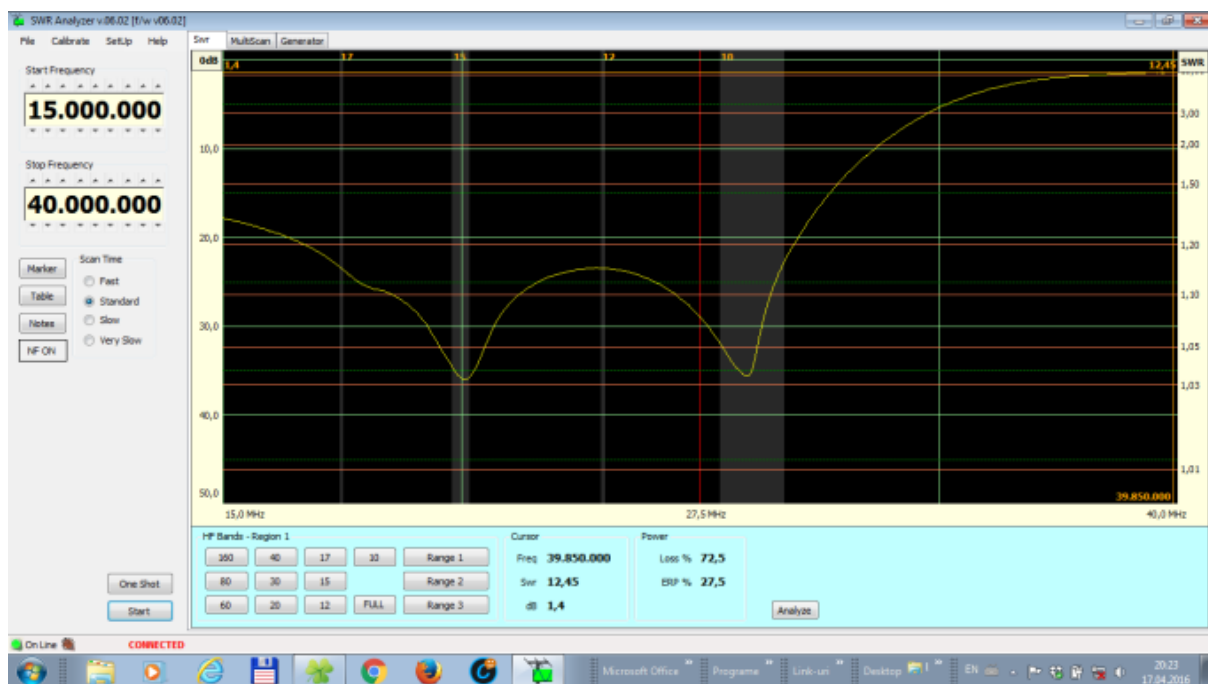
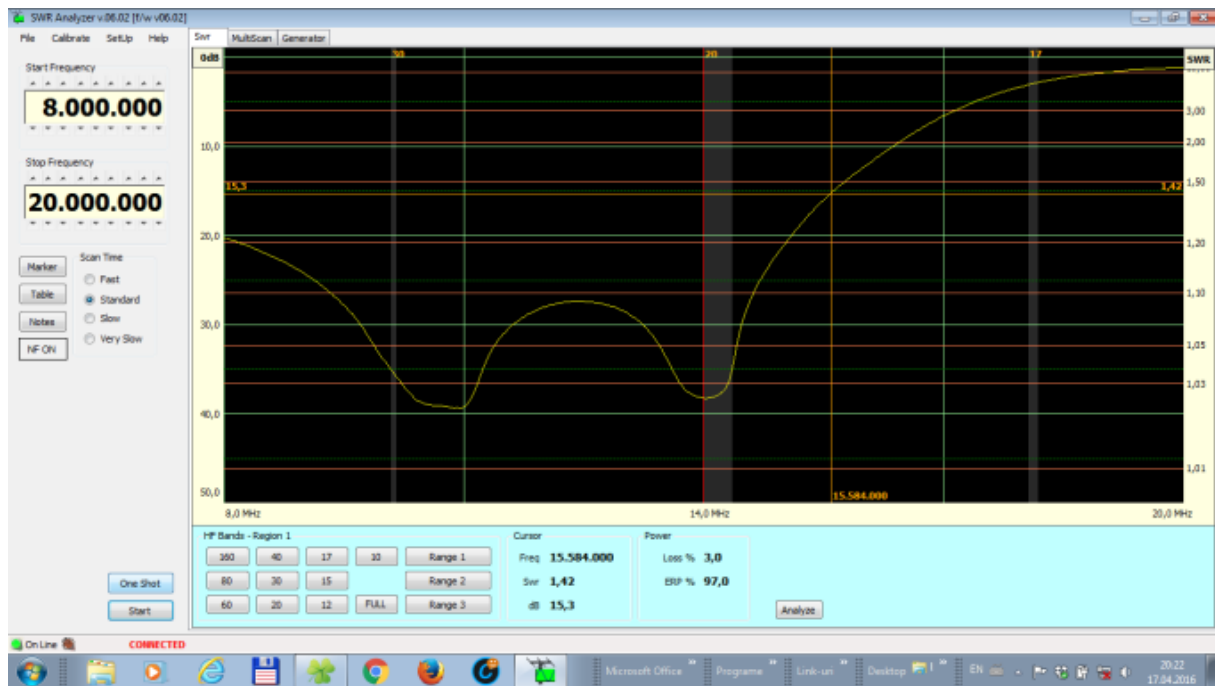
Pentru reglajul efectiv al filtrelor am utilizat analizorul de antena (kit fox delta -prezentat pe www.yo2bof.ro in detaliu), vezi Utilizare analiza filtre .



Pentru analiza filtrelor conectati alimentarea de 12V , intrarea modului la analizor si iesirea modului la sarcina de 50Ω. Pentru selectarea filtrului puneti la masa pinul corespunzator filtrului.

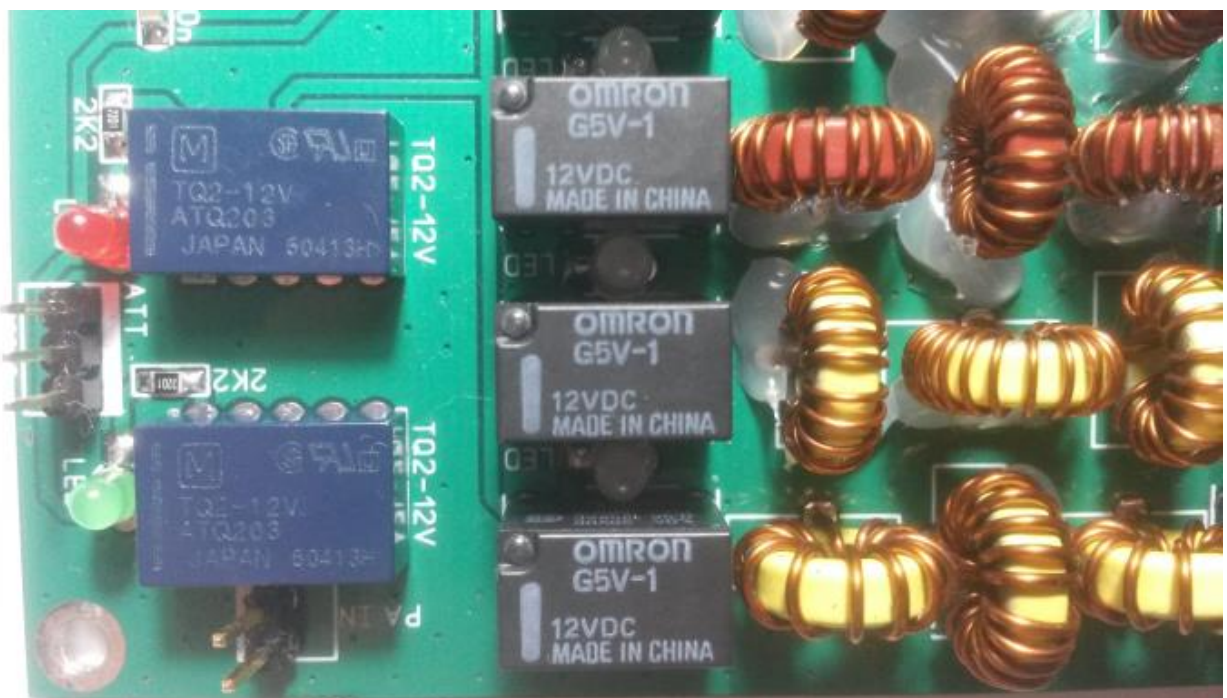
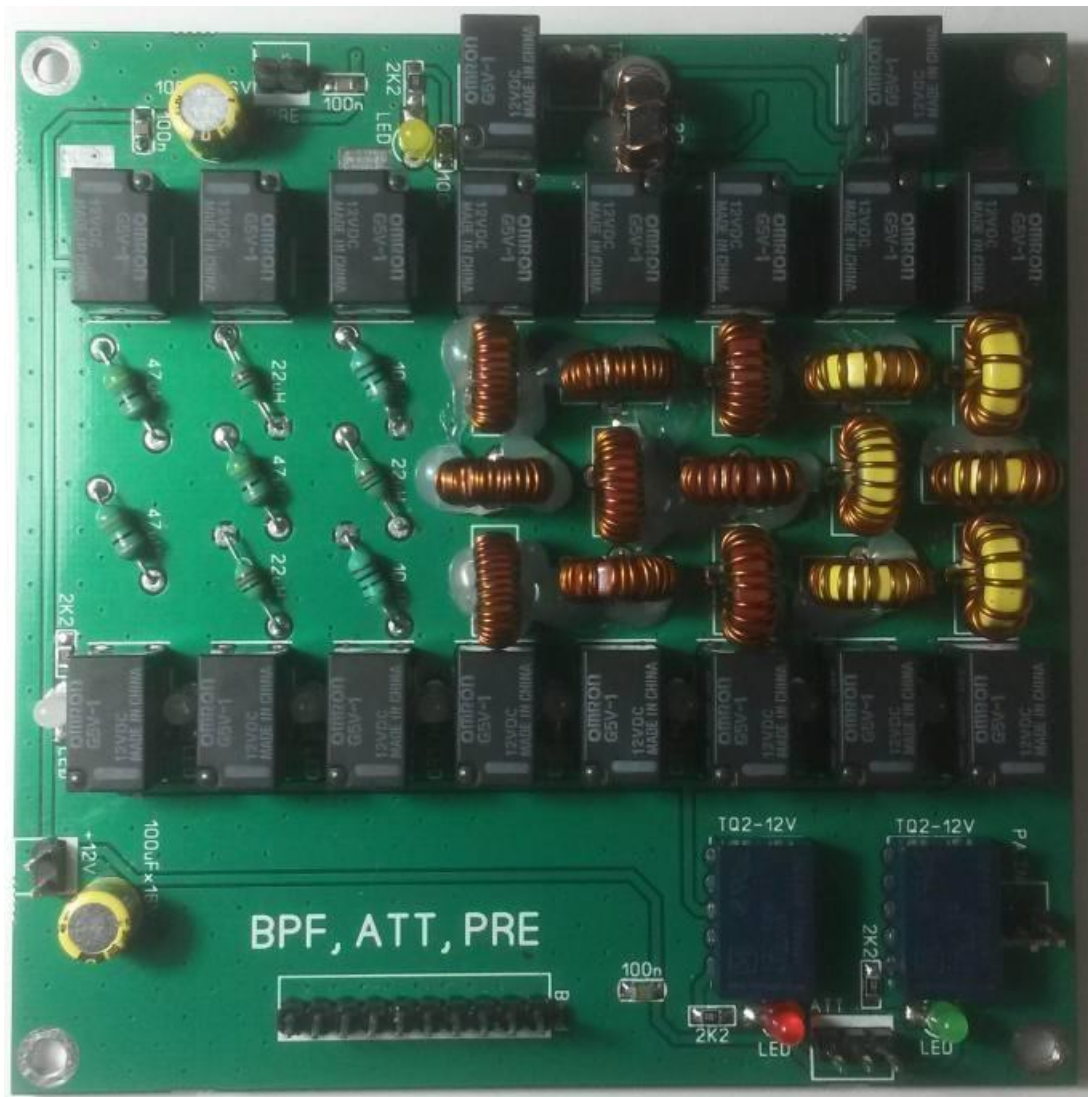
In urma ajustarilor am obtinut urmatoarele rezultate:

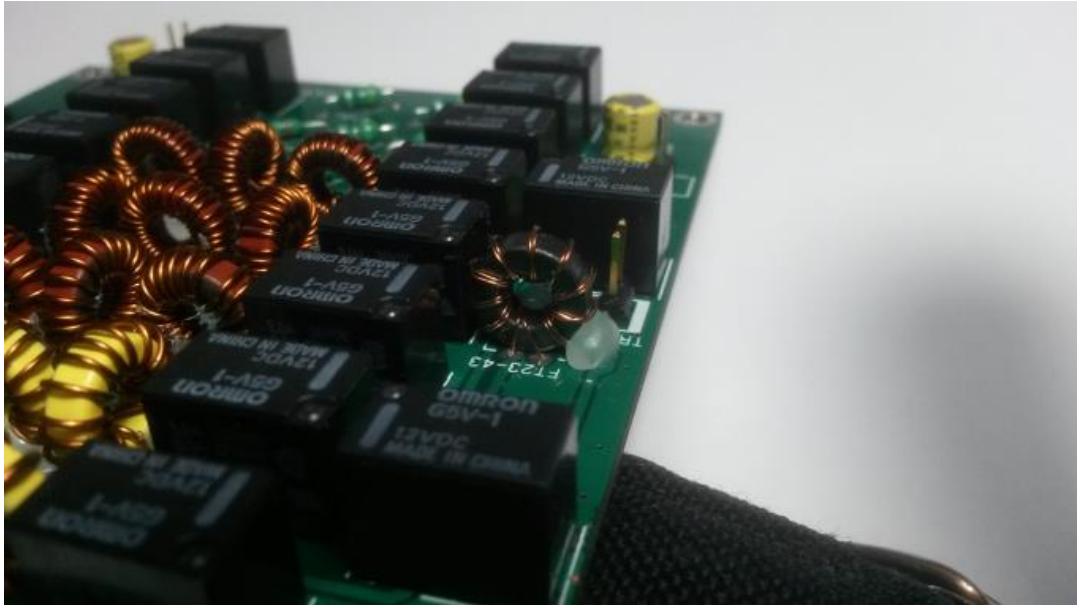




Nota: Graficele reprezinta SWR-ul filtrului, si deci imaginea reprezinta un grafic al functiei de trecere inversat.

Transformatorul TR1 se realizeaza cu fire torsadate in prealabil. Dupa care se identifica terminalele fiecarei bobine si se instaleaza pe cablaj conform marcajului.

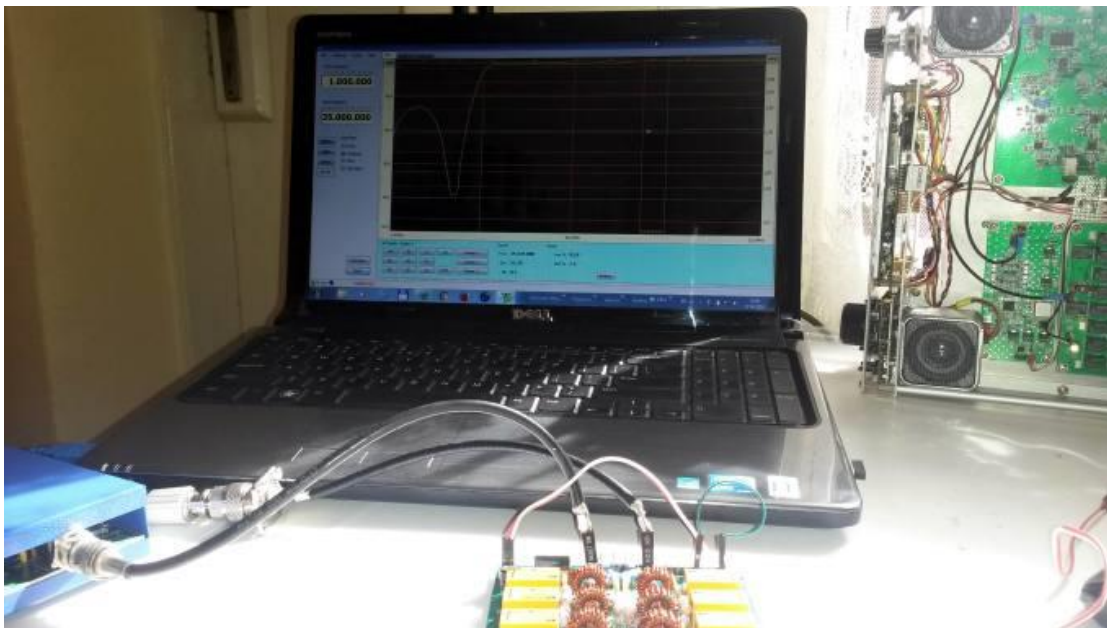




Dupa inserarea modului in transceiver functionarea nu a pus nici o problema.

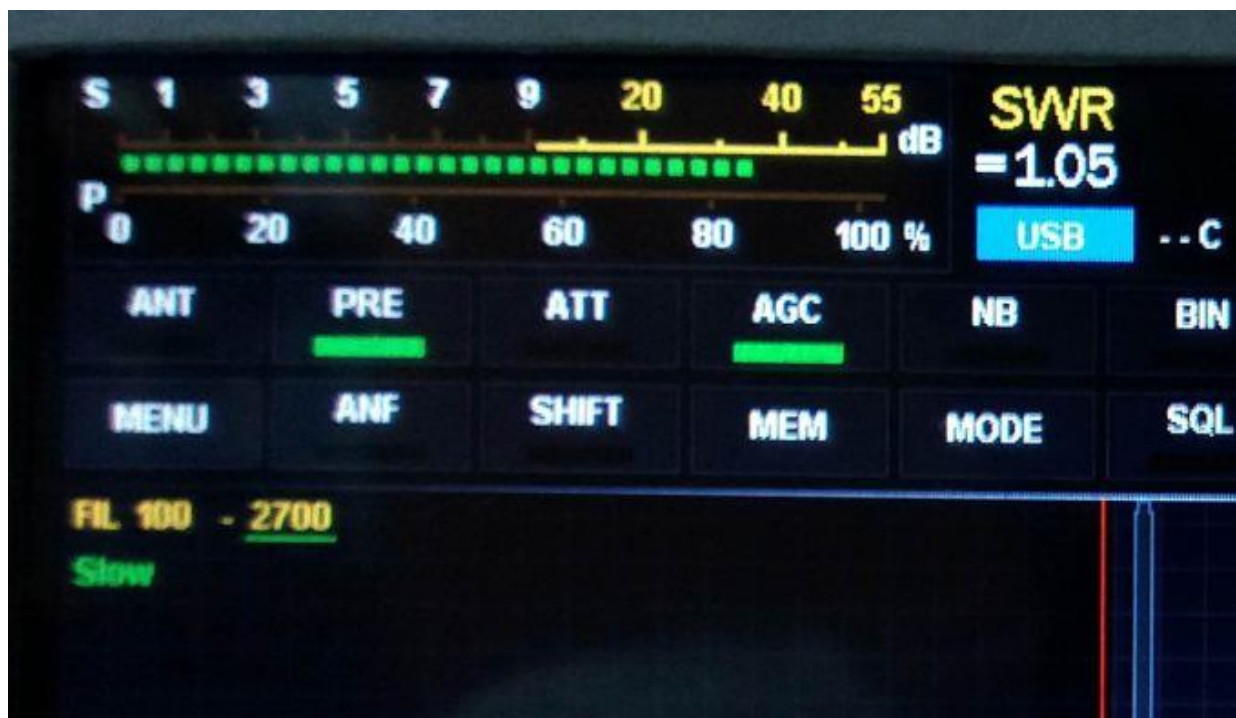
Modul filtre TX

Modulul filtre emisie contine filtrele de banda necesare reducerii armonicelor generate de amplificatorul de putere. Filtre emisie Respectand datele din schema, adica utilizarea componentelor, a torurilor indicate, dimensiunea sarmei pentru realizarea bobinelor, a releelor etc. nu am intampinat nici un fel de probleme. Am ridicat caracteristica de trecere asa ca la filtrele de receptie si totul a fost bine.



Comutarea benzilor este asigurata de modulul de comutatie care la randul lui este comandat de controler. Relee filtre emisie Se leaga conectorul XS6/1 (acest conector este

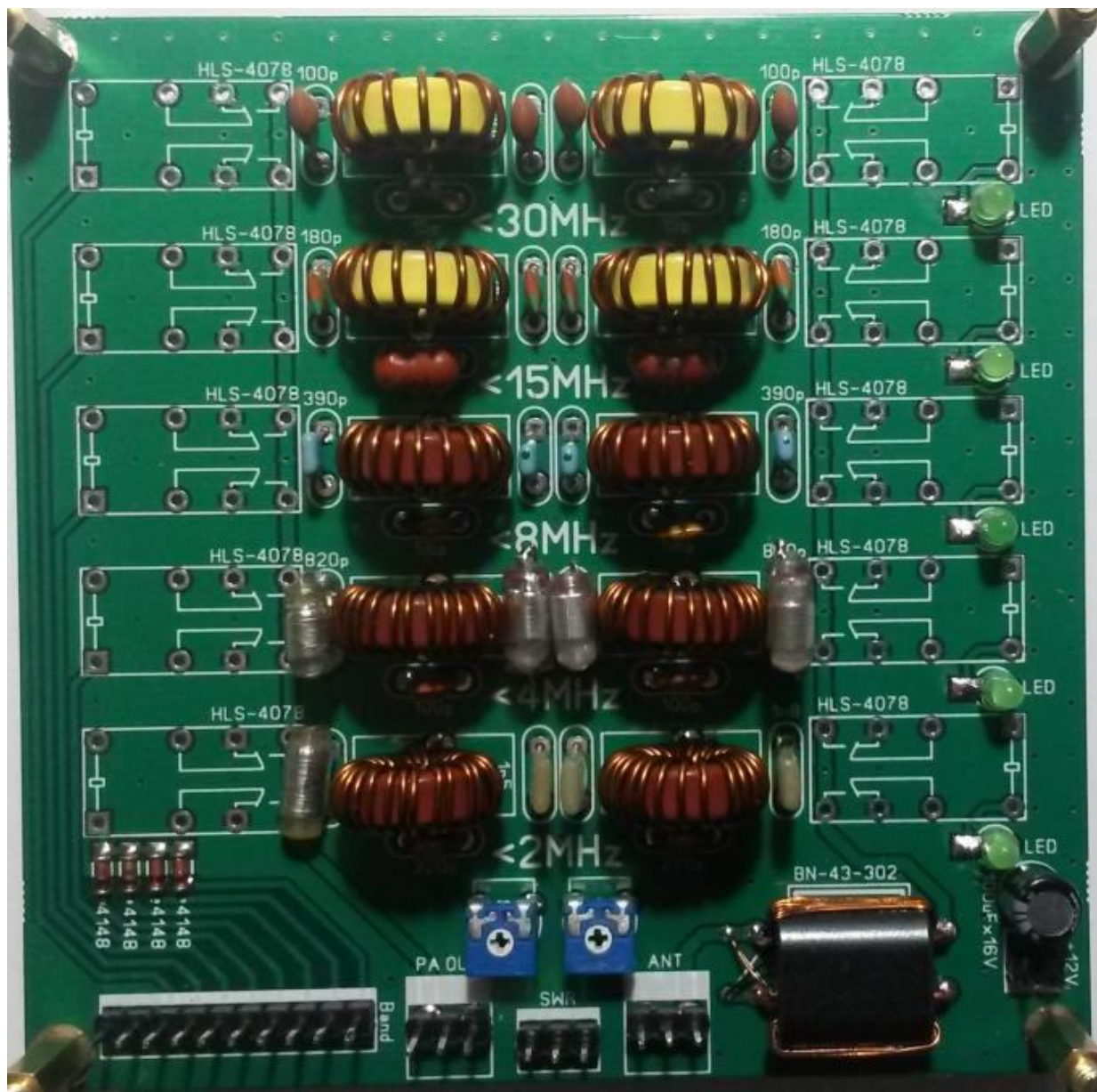
dublu XS6/2 pentru comanda filtrelor de receptie) de pe modulul de comutatie cu conectorul XS5 din modulul filtre emisie printr-un cablu 1 la 1. Atentie care capat al conectorului este la masa pentru o conectare corecta. Daca totul este corect realizat ledurile va vor semnala acest lucru. Modulul mai contine senzorul de SWR-metru. Conectorul XS2 din schema este legat la conectorul XS3 de pe placa controlerului astfel : XS2 pinul din mijloc (masa) la SX3 pinul 6 (RFGND); XS2 pinul dinspre conectorul de antena la XS3 pinul 1 (ADC_SW); XS2 pinul dinspre PAOUT la XS3 pinul 2 (ADC_SWR). Aveti astfel un SWR-metru numeric pe display.

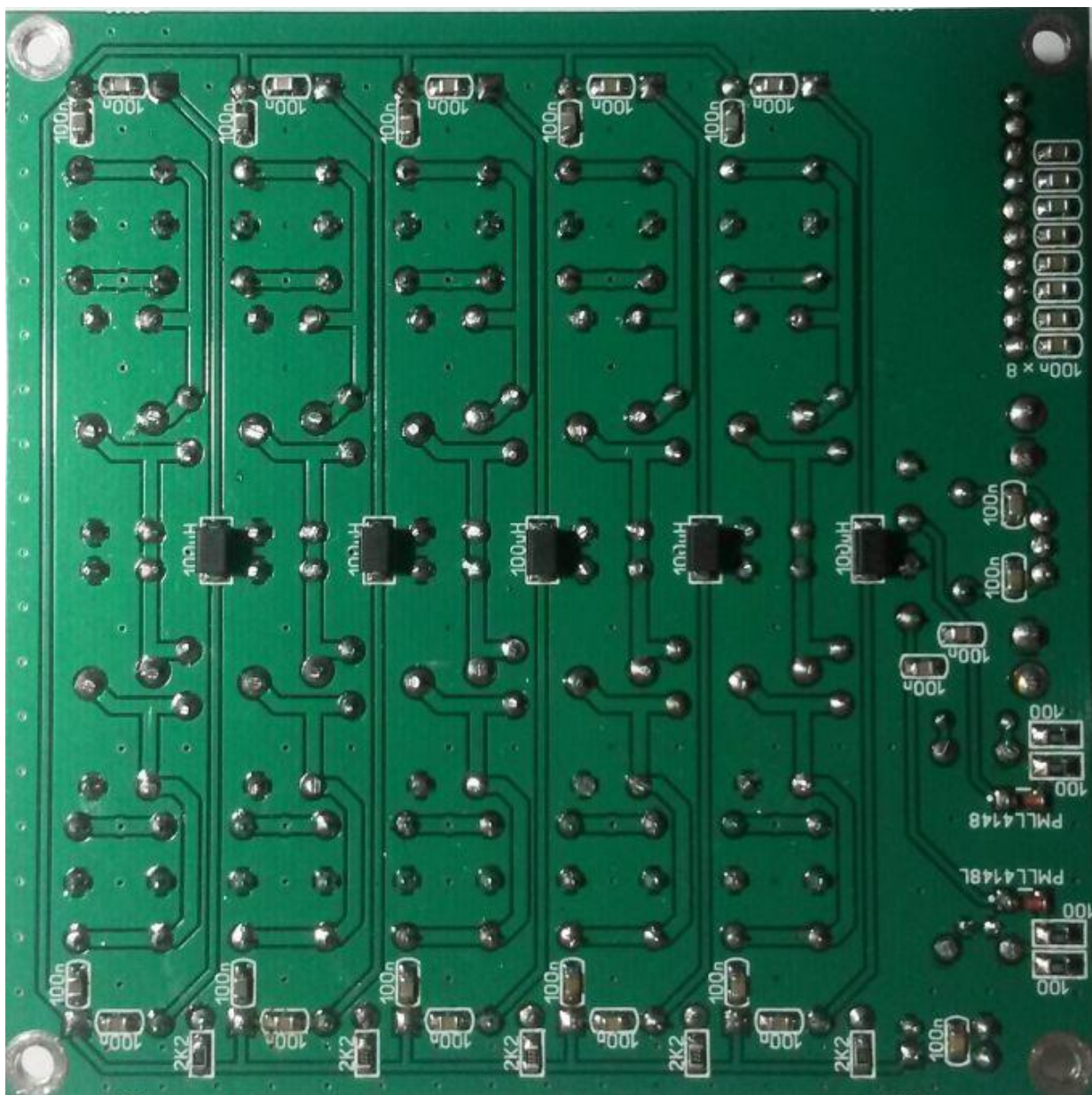


Reglajul il faceti cand transceiverul este finalizat si aveti semnal RF la borna de antena. Eu am procedat astfel : am conectat la transceiver o sarcina de 50 ohmi printr-un SWR-metru din dotare (SX-1000) si am actionat asupra celor doua semireglabile (10K Ω) pana cand indicatia swr-metrului numeric a fost aceeaasi cu cea a SWR-metrului clasic respectiv scala P indica un numar de patrutele proportional cu puterea de iesire indicata de SWR-metru din dotare. Scala P are 32 de indicatoare (patrutele) in total. Am ales puterea maxima (100%) 25W. Stiind ca pe banda (3,5 MHz) puterea de iesire este 22W faceti urmatorul calcul: $22 \times 32 / 25 = 28,16$ adica reglati in asa fel incat sa aveti 28 de indicatoare (patrutele) active (vezi foto mai sus). Acest reglaj il faceti o singura data pe banda in care puterea de iesire este cea mai mare. Pe celelalte benzi indicatia evident va fi proportionala cu puterea de iesire din banda respectiva. Daca atasati transceiverului un

amplificator suplimentar, 100w...150w acest modul fiind dupa al doilea amplificator refaceti reglajul ca mai sus dupa urmatoarea formula $P_{sire(real)} \times 32 / P_{max}$ (cat va propuneti sa fie puterea maxima indicata)

In continuare cateva fotografii din timpul realizarii modulului filtre emisie.

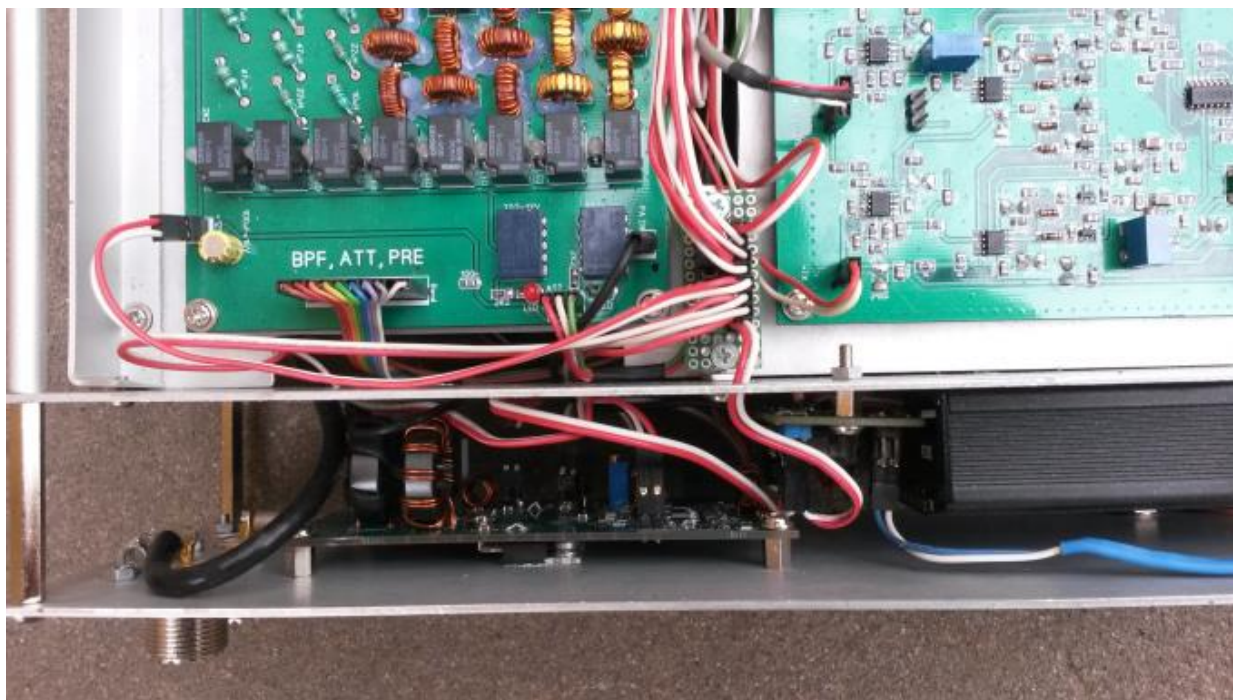




PA (20W)

Etajul final nu a pus nici un fel de probleme. A functionat perfect din prima clipa. Trebuie sa respectati schema, sa realizati corect bobinele. TR1 si TR2 se realizeaza cu firele torsadate inainte de bobinare. TR3 si TR4 se realizeaza cu firele paralele. In cazul lui TR4 pentru a mentine cele trei fire paralele in prealabil am masurat cu aproximatie lungimea sarmei necesare si le-am introdus intr-un tub termocontractabil pe care l-am strans pe cele trei fire rezultand un fel de banda, pe care am bobinat-o pe tor. Atentie la toate transformatoarele la conectarea terminalelor. Gaurile sunt amplasate in asa fel incat sa nu gresiti. Firele se pun in ordine, legaturile privind inceputul si sfarsitul bobinei sunt

Curentul de repaus este 350 mA pentru fiecare tranzistor. Inserati un ampermetru la borna plus a conectorului XS4 alimentat la +12V. Alimentati motajul cu +12V, la conectorul XS3 si simulati trecerea pe emisie conectand +12V la conectorul XS2. Din cele doua semireglabile, pozitionate in prealabil cu cursorul la capatul dinspre R27 respectiv R28 (2K2), stabiliti curentul total de repaus la 700 mA. Cel mai bine este sa urmariti videoclipul realizat de SP3OSJ la adresa:



In faza finala montat in transceiver puterea de iesire este cuprinsa intre 20 si 25 W in toate benzile de radioamatori.

Nota. Intr-o prima faza in benzile de 21MHz, 24MHz si 28MHz puterea era sub 20W. Problema s-a remediat dupa verificarea nivelului semnalului de la modulul DDS la modulul Avala care in aceste benzi era prea mic, prin inlocuirea cablului coaxial de legatura cu un cablu cu pierderi mai mici la frecvente ridicate. Nivelul de semnal de la

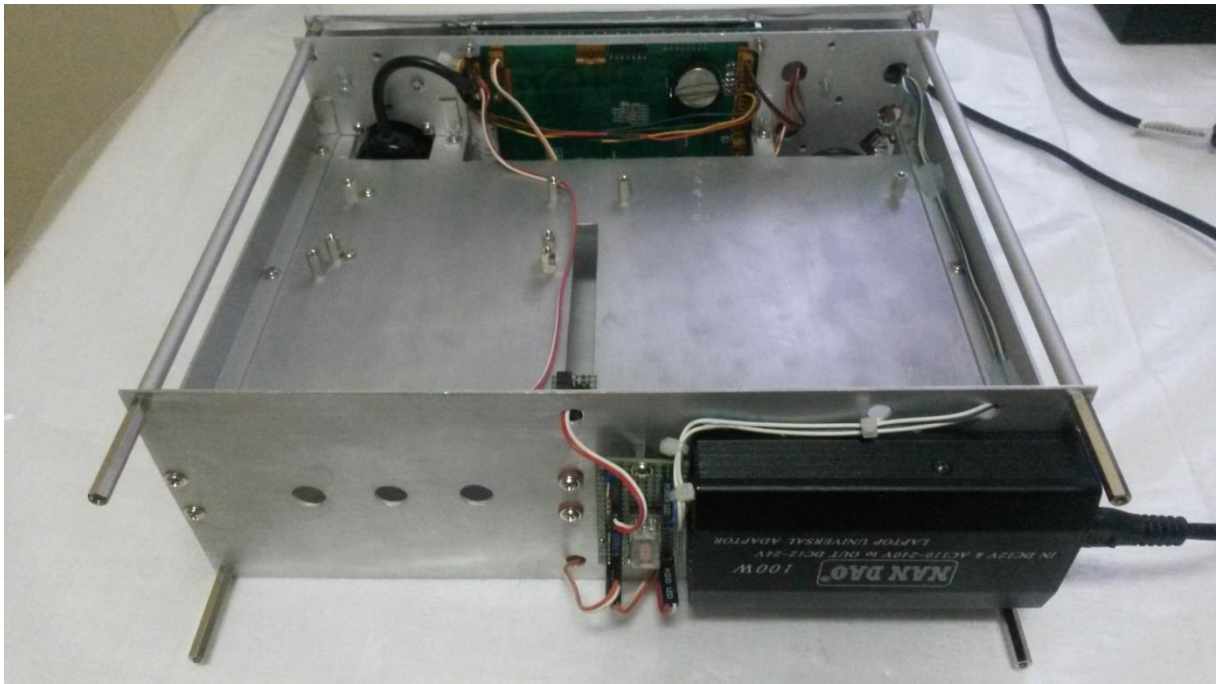
DDS la placa Avala la transceiverul construit de mine este 0,6-0,8V in toate benzile. Legatura dintre XS6 si XS7 de pe modulul Avala realizata initial pe dosul placii a fost mutata deasupra si masa celui fragment de cablu a fost legata la masa modulului intr-un singur punct cu un fir suplimentar circa la jumatatea lungimii lui. Am utilizat cablu coaxial miniatura recuperat de la legatura dintre modulul wirelles si antena in laptopuri sau tablete. Am renuntat la mufe si am lipit direct cablurile pe conectori.

Sursa de alimentare

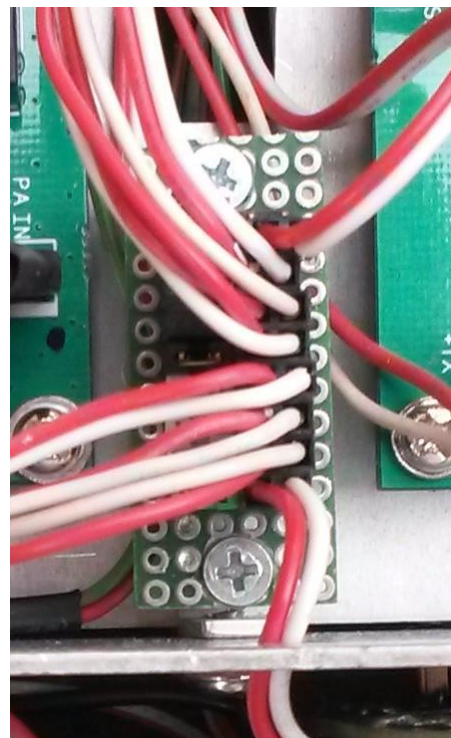
Sursa de alimentare utilizata de mine este un alimentator universal pentru laptop.



Alimentatorul a fost montat in compartimentul din spate al transceiverului. Iesirea de 12V si 5V s-a conectat la un circuit simplu cu releu cu contacte duble care este actionat de intrerupatorul de pornit/oprit de pe panoul frontal. Acest mod de conectare a tensiunilor de alimentare permite utilizarea unui intrerupator miniatura pentru tensiuni mici pe panoul frontal.



In compartimentul central s-au montat distribuitoare pentru fiecare tensiune. Distribuitorile de tensiune sunt contruite cu conectori pentru jumperi. Fiecare modul este alimentat printr-un jumper astfel ca la nevoie prin scoaterea jumperului se poate masura curentul absorbit de acel modul sau se poate intrerupe pur si simplu alimentarea acelui modul.



Consumul pe module este prezentat in tabelul de mai jos:

12 V

Modul	I (A)	
	RX	TX
Comutatie	0,095	0,125
Filtre receptie	0,045	0,030
Filtre emisie	0,035	0,035
DSP	0,500	0,750
PA (20W) (fara finali)	0,003	0,165
PA (20W) (numai finali)	0,000	2,850
Encoder	0,030	0,030
Consum total	0,708	3,985

5 V

Modul	I (A)	
	RX	TX
Controler	0,350	0,550
Comutatie	0,012	0,012
DDS	0,160	0,160
Consum total	0,522	0,722

Dupa cum se poate observa $4 \div 5$ A pentru linia de 12V respectiv 1 A pentru linia de 5 V sunt suficiente.

Sasiul transceiverului

Pentru proiectarea sasiului am utilizat:

Inkscape - software open source de grafica vectoriala.

<https://inkscape.org/en/download/windows/>

Fisierele de mai jos sunt *.svg si pot fi deschise cu Inkscape

Fisiere proiectare sasiu si frontal	http://www.yo2bof.ro/TulipSDR/fisiere_svg.zip
-------------------------------------	---

Nu va sunt neaparat necesare decat daca doriti sa utilizati cotele si modelul realizat de mine.

Pentru realizarea sasiului am utilizat tabla de aluminiu cu grosimea de 1,5 mm

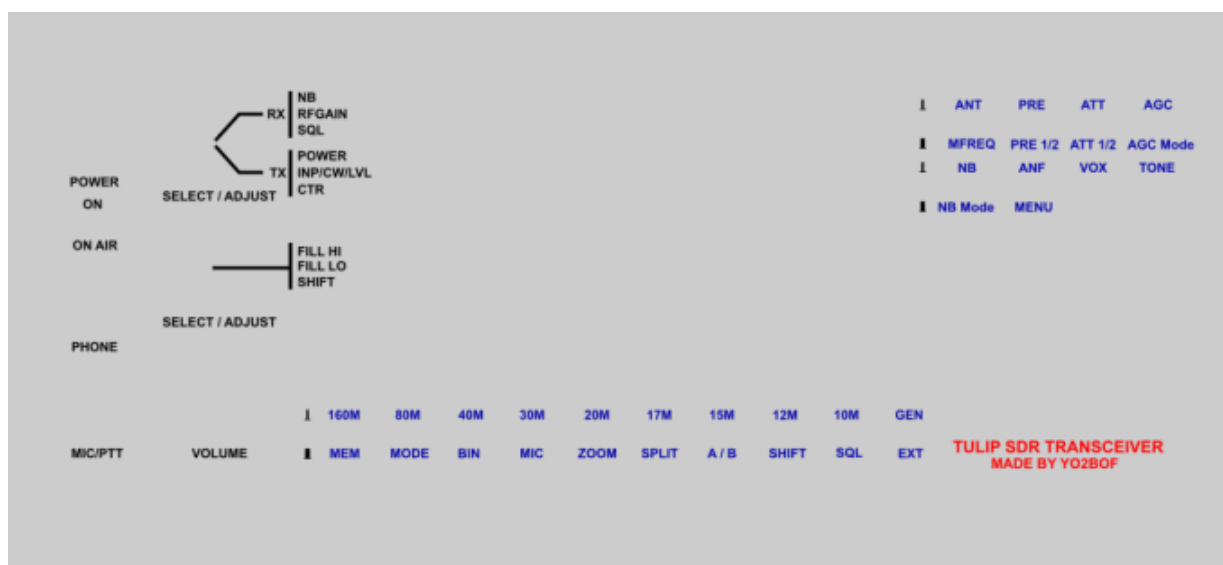
Sasiul in diferite faze de executie puteti sa-l vedeti in albumele foto de mai jos:

Album sasiu	http://www.yo2bof.ro/TulipSDR/album%20sasiu/index.html
Faze montaj	http://www.yo2bof.ro/TulipSDR/faze%20montaj/index.html

Dimensiunile alese de mine : inaltime=100mm, latime=280mm, adancime=260mm (trei compartimente 20mm (controler, display, encodere, taste etc.) - 200mm compartiment placi - 40mm compartiment alimentare, final, mufe...)

Masca frontala a fost realizata din tabla de aluminiu de 1 mm. Dupa ce a fost gaurita, respectiv decupata zona pentru display, am lipit o eticheta autocolanta din hartie pe care am imprimat-o in prealabil cu datele de inscriptionat. Cu o pila rotunda am decupat prin intapare si frecare de muchiile gaurilor masca de hartie. In zona decupajului pentru display am decupat zona centrala lasand aproximativ 15mm pe margine. Marginile le-am indoit inspre dosul masti frontal astfel ca in decupajul pentru display sa nu se vada muchiile. Dupa aceasta operatie am aplicat un strat de lac incolor. Va recomand sa faceti mai multe incercari de lacuire (pe esantioane din aceeasi hartie, dar neaparat lipita pe un suport de tabla si cu ceva imprimat) pentru a observa ce grosime de lac puteti aplica . Va

recomand o distanta de 50 cm si un strat cat mai subtire, doar atat cat sa se uniformizeze stratul de lac. Dupa cateva incercari sigur ve-ti reusi. Materialele utilizate le vedeti in fotografiile de mai jos:



Etichetele sunt A4, lacul este pentru genti auto.

Evident aveti libertatea de a imagina orice alt model de sasiu, culori de frontal, caractere etc.

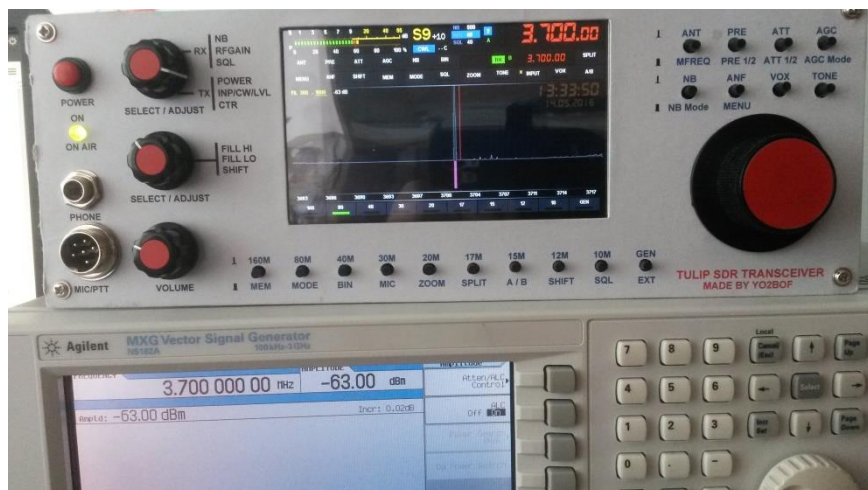
Rezultate

Avand in vedere performantele proiectului asa cum au fost ele anuntate de autori Anexa 2, pot spune ca Tulip-ul construit de mine a atins aceste performante lucru de care sunt foarte multumit.

In videoclipul Frecventa imagine puteti vedea ca atenuarea frecventei imagine atinge fara probleme cei -70 dBm preconizati.

Frecventa imagine	https://www.youtube.com/watch?v=RhPwy1PArr8
-------------------	---

Pentru masurarea sensibilitatii aparatului am apelat la un prieten care mi-a pus la dispozitie un generator de semnal performant si de incredere.



Si asa mai departe pana la S3



Semnalul la S3 mai era vizibil si se auzea foarte bine in difuzor. Nu am avut cum masura sub S3 deoarece generatorul nu putea livra un semnal mai mic de -110 dBm.

Pentru documentare puteti consulta la adresa https://en.wikipedia.org/wiki/S_meter un articol amplu privind calibrarea S-metrului. Deci conform teoriei corespondenta intre nivelul conventional S puterea in dBm (decibel/microvolt) respective tensiunea pe 50Ω exprimata in μV se gasesc in tabelul de mai jos:

S	HF	
	μV (50 Ω)	dBm
S9+10dB	160,0	-63
S9	50,2	-73
S8	25,1	-79
S7	12,6	-85
S6	6,3	-91
S5	3,2	-97
S4	1,6	-103
S3	0,8	-109
S2	0,4	-115
S1	0,2	-121

Concluzia este ca sensibilitatea masurata este de sub 1 μV , dar avand in vedere ca la scoaterea antenei indicatorul de putere a semnalului se duce pana la -118 dBm, si in benzile superioare pana la -120 dBm putem sa ne declaram multumiti pentru un receptor home made.

Utilizarea in trafic a demonstrat o modulatie de calitate, multi radioamatori declarandu-se surprinsi ca este un transceiver home made.

Supletea, vigurozitatea etajului final sunt au alt argument in favoarea acestui transceiver.

Nu in ultimul rand posibilitatea vizualizarii spectrului de banda pe 36KHz, si adaptarea lui la scala display-ului, facilitatile de lucru split, posibilitatea de selectare dupa dorinta a benzii audio la receptie, posibilitatea de shift si altele precum si faptul ca este un transceiver SDR STANALONE (adica nu are nevoie de un computer) fac din Tulip un transceiver modern si care se poate „bate” cu multe transceivere de fabrica cu nume mari.

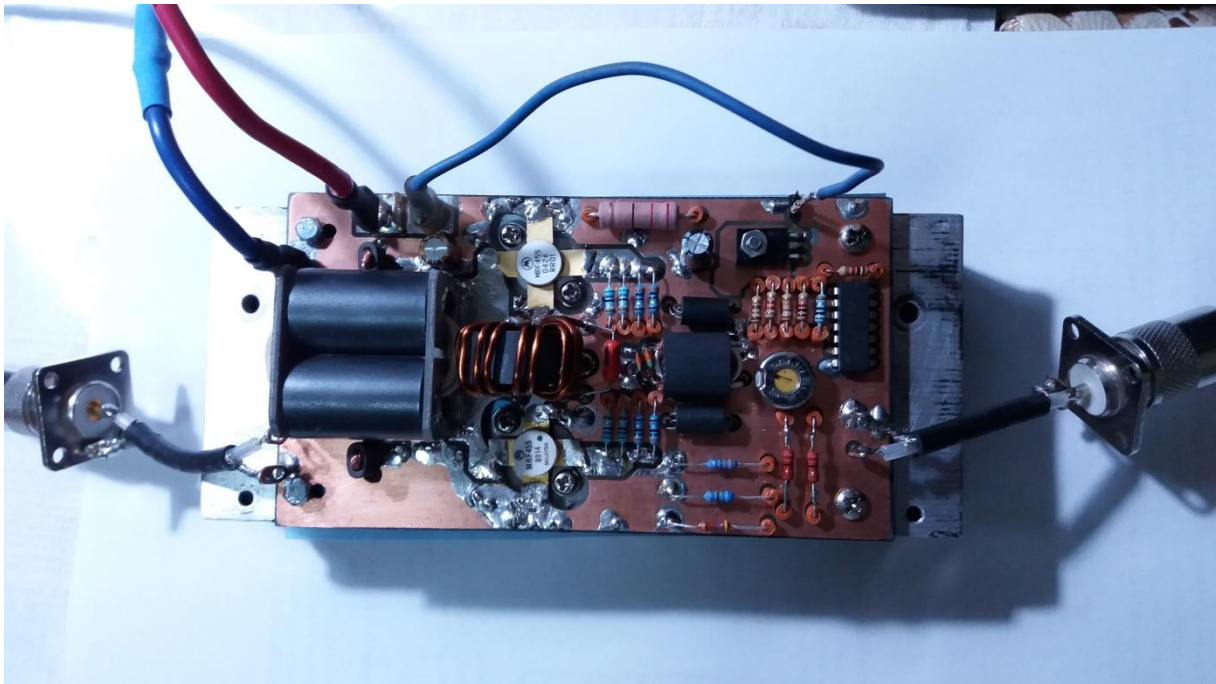
Puterea de 20W considerate de unii prea mica, si comparatia cu transceiverele de fabrica m-a determinat sa adaug proiectului initial un etaj suplimentar de putere.

PA (100 W)

Am ales schema lui G6ALU (Tnx Cristi YO3FLR pentru recomandare) care a fost realizata cu succes de mai multi radioamatori care au construit PICASTAR. Ea se bazeaza pe un articol mai vechi publicat de Motorola in Semiconductors Application Note cu numarul de referinta AN762/D.

STEVE G6ALU's 150W PA	http://www.carnut.info/star-parts/PANEL-2/150w-PA/150w-pa.htm
Final 150W	http://www.radio-kits.co.uk/radio-related/150W_PA/150w_PA.htm
Motorola Semiconductors Aplication Note	http://www.yo2bof.ro/TulipSDR/AN762.pdf
Versiune Kit de la FOX DELTA	http://www.yo2bof.ro/TulipSDR/RfAmpFox.pdf

Toate datele privind constructia amplificatorului le gasiti la adresele de internet de mai sus. Cablajul imprimat dubla fata se poate realiza manual fara probleme cu putin effort.



Schema originala utilizeaza SD1487 la 12V. Neavand acest tip de tranzistoare am testat amplificatorul cu MRF455 dar nu am fost multumit, apoi am incercat cu SD1407 cu care functioneaza mult mai bine cu toate ca tranzistoarele sunt la 28 V. Am obtinut 150W in benzile de 1,8 MHz si 3,5MHz respectiv 100W in celelalte benzi.

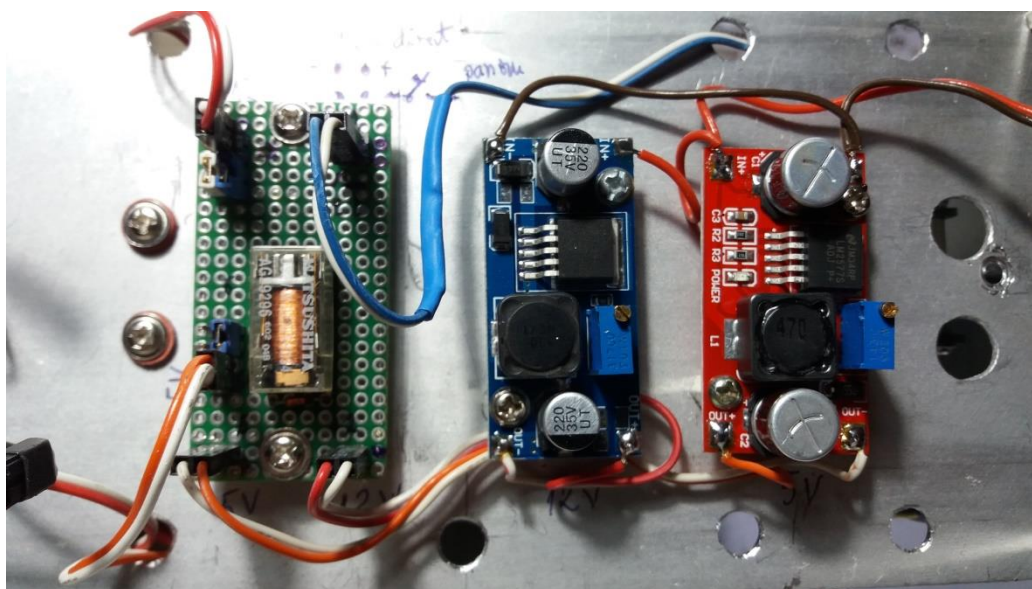
Transformatorul de intrare si de iesire au o constructie mai speciala. Vezi foto de mai jos



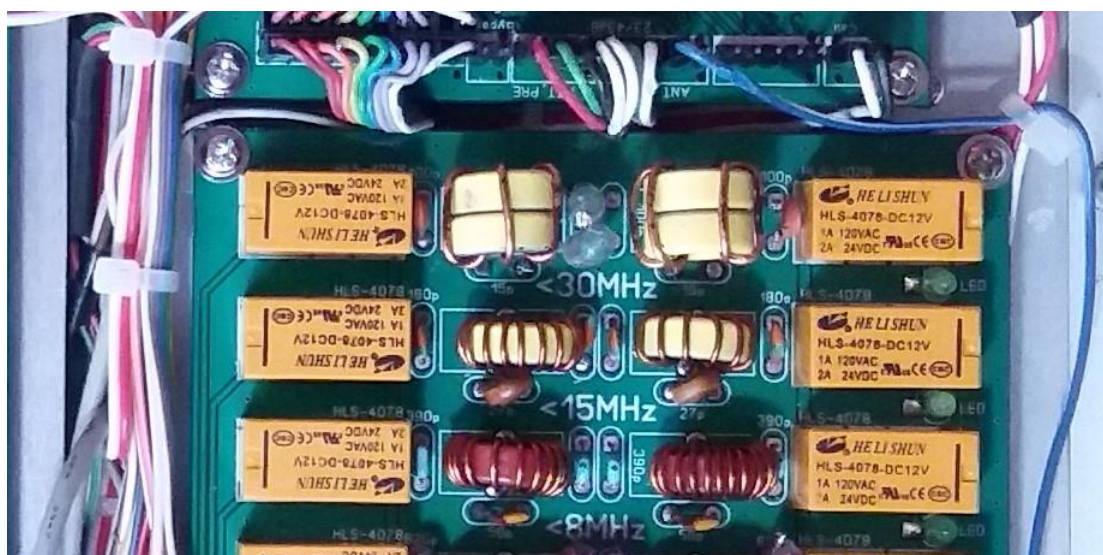
Alte detalii privind constructia amplificatorului le gasiti in articolul PA 100 W pe blog

Fiind multumit de rezultat am trecut la implementarea amplificatorului in transceiverul Tulip. Aceasta a presupus unele modificari printre care as mentiona :

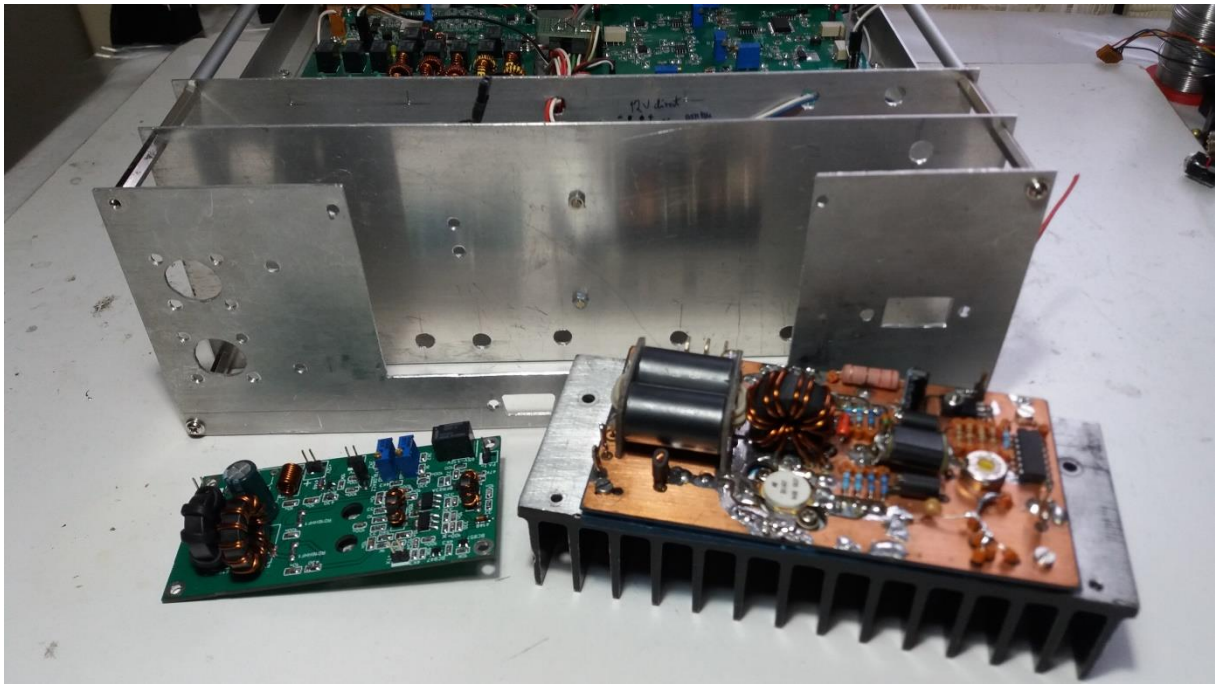
-renuntarea la alimentatorul de laptop si inlocuirea lui cu doua module DC/DC pentru reducerea tensiunii de 13,8V la 12V respective la 5V si alimentarea transceiverului de la o sursa externa de 13,8V / 20A



-refacerea filtrului pentru benzile superioare deoarece sectiunea miezurilor de ferita era insuficienta. Am dublat sectiunea prin lipirea a doua toruri si am refacut bobinele.



-adaugarea unui compartiment nou si cablarea corespunzatoare a noului etaj.



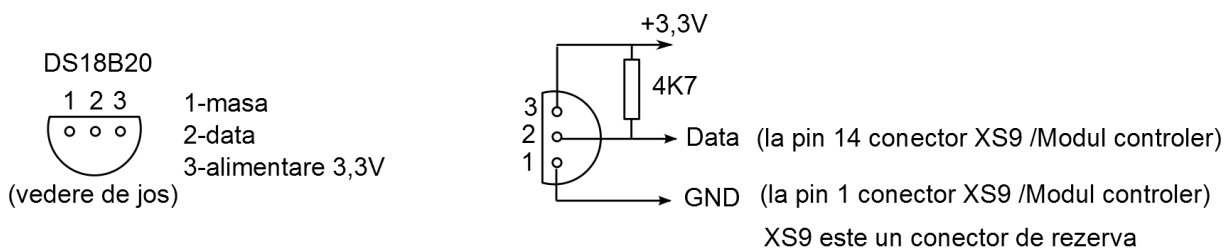
-eliminarea releului de iesire de pe PA (20W) si montarea lui la iesirea PA (100W)

-recalibrarea swr-metrului si stabilirea puterii maxime indicate de powermeteru la 150W

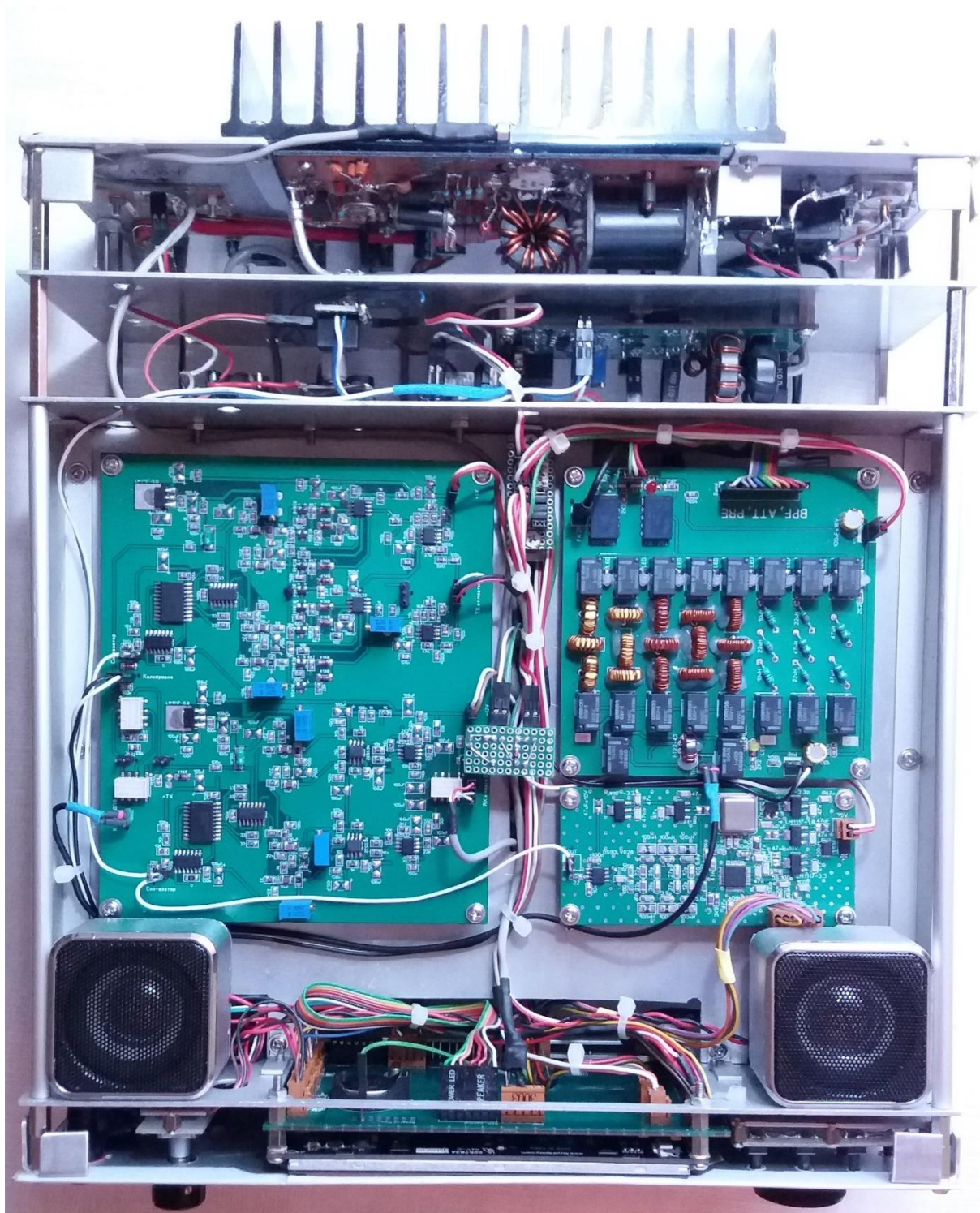
-Controlerul fiind prevazut cu un termometru numeric am decis montarea unui sensor de temperatura de tip DS18B20 pentru masurarea temperaturii radiatorului etajului de putere (100W). Controlerul are posibilitatea controlului unui ventilator pentru racire controlata. Deocamdata acest lucru nu este necesar, radiatorul de care dispune transceiverul in acest moment este suficient, incalzirea radiatorului nedepasind 60°C.

Indicatiile termometrului numeric de pe display au culoarea verde pana la 44°C, galbena de la 45° si rosie de la 60° in sus. Racirea fortata este necesara de la 70÷80°C in sus.

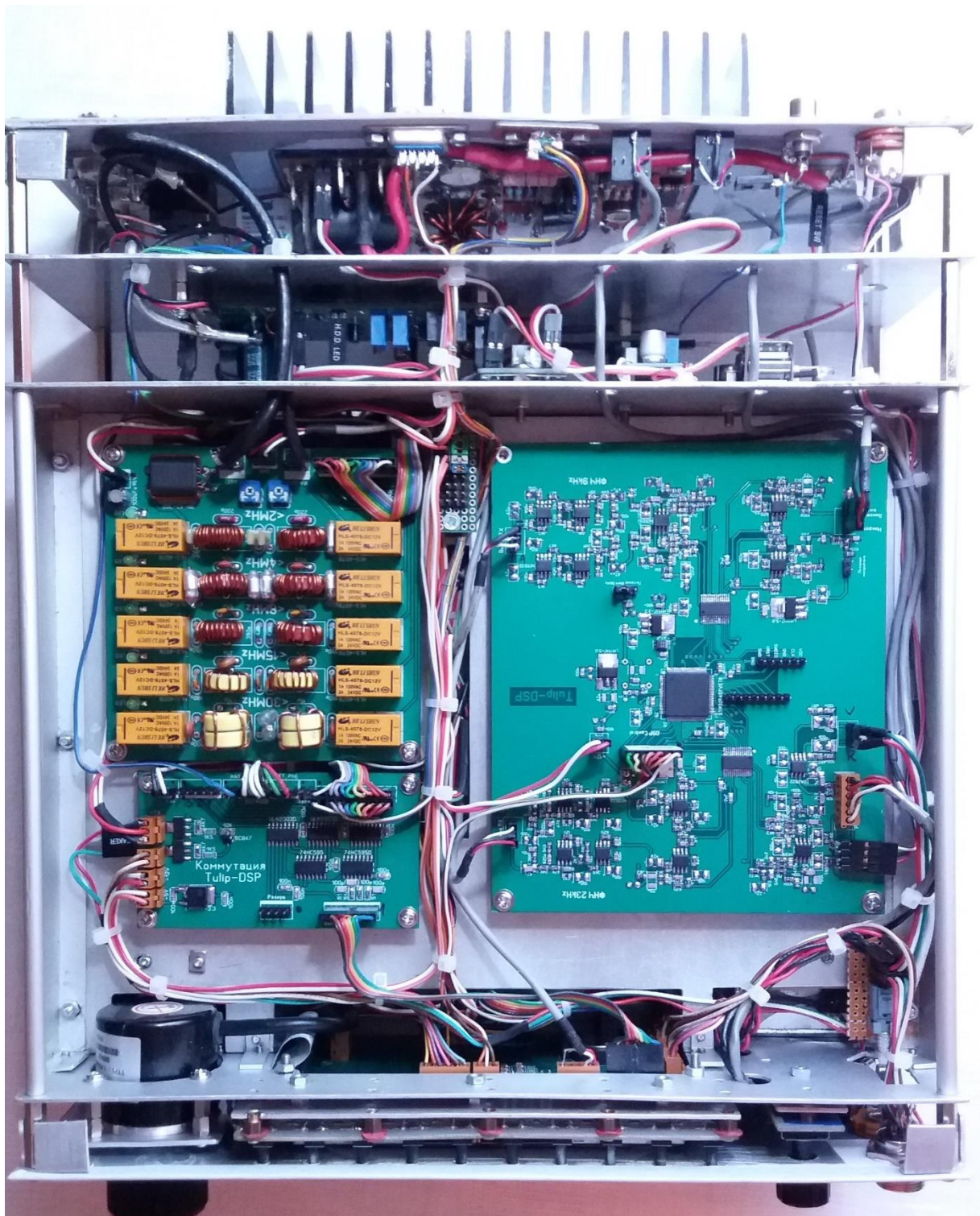
Modul de conectare al senzorului de temperatura se poate vedea in figura de mai jos:



Tulip SDR transceiver finalizat



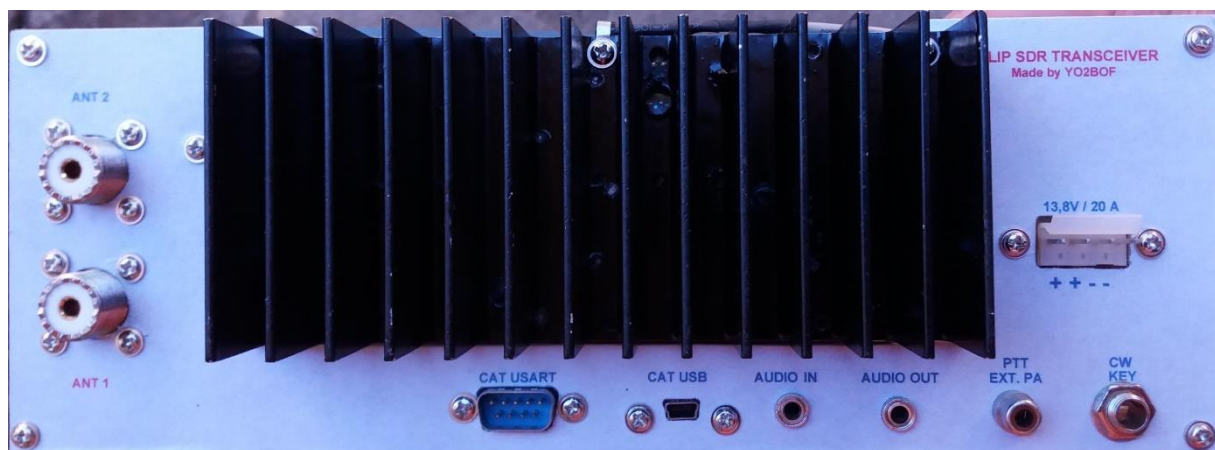
Vedere de sus



Vedere de jos



Panou frontal



Panou spate



Transceiver finalizat

Lista videoclipuri

Pentru accesarea videoclipurilor din lista de mai jos aveti nevoie de o legatura la internet si clic pe numele videoclipului.

1. [Tulip SDR DSP](#)
2. [Tulip SDR Calibrare](#)
3. [IF SDR FT847](#)
4. [Tulip SDR Rx Avala +HSDR](#)
5. [Tulip SDR RX Avala](#)
6. [Tulip SDR Comanda detector Tayloe](#)
7. [Tulip SDR Frecventa imagine](#)
8. [Tulip SDR DDS](#)
9. [Tulip SDR Primele momente](#)
10. [Programare microcontroler](#)
11. [Tulip SDR Controler 3](#)
12. [Tulip SDR Controler 2](#)
13. [Tulip SDR Controler 1](#)
14. [Tulip SDR moduri digitale](#)
15. [QSO YO2BOF-YO2LTF](#)
16. [Tulip SDR – prima receptie](#)

Parametri Tulip

-Tulip SDR este un transceiver din clasa cu conversie indirecta a semnalului RF. (Quadrature Signal Detector I/Q ou Tayloe-SDR)

- Gama de frecventa - 50 kHz - 30 MHz;

- Dispune de un controler cu un ecran LCD si touchscreen;

-Moduri de lucru FM, AM, CW, SSB;

- Posibilitatea de a opera moduri digitale folosind o intrare / iesire liniară de emisie-receptie si PC-controlat VOX;

- Prezenta unui semnal în două tonuri în modul de transmisie;

- În modurile de receptie AM, si FM banda de receptie se poate regla în domeniul $0 \div 10000\text{Hz}$

În modurile de receptie SSB, si CW banda de receptie se poate regla în domeniul $0 \div 3700\text{Hz}$

- Posibilitatea de reglare a latimii de bandă a semnalului transmis în intervalul de la $50 \div 3000\text{Hz}$

- Rectangularitatea filtrelor digitale utilizate la nivelul de -3 dB / -60 dB - mai bună decât 1,1;

- Suprimarea frecventei imafine - 70 dB;

- Sensibilitate - $0,5 \div 1 \mu\text{V}$

- Disponibil filtru automat Notch;

- Disponibil Shift;

- Disponibil Nois Blanker;

- Disponibil Squelch.

- Microfon dinamic, microfon condensator, posibilitati de reverberatie si compresie;

- Deviatia de frecventa în FM - 6kHz;

- Prezența posibilității de a suprima calea de transmisie dezechilibrată prin ajustarea manuală utilizând o interfață grafică care asigură suprimarea celei de a doua transmisie de bandă laterală mai bună decât 50dB;

- Disponibil VOX;

- Manipulator electronic;

- Capacitatea de a se conecta la un transverter cu IF arbitrar ;

-Conectarea la PC prin interfata CAT (protocol TS 570)

Frecventa DDS

F_0 =frecventa afisata (de controller)

F_{DDS} =frecventa generata de DDS

F_M =frecventa la mixer (pe modulul SDR Avala – comanda circuitului U6 - 74HC4066)

In modul AM si FM

$$F_{DDS}=4 F_0$$

$$F_M=F_0$$

In modul LSB

$$F_{DDS}=4 (F_0+3\text{KHz})$$

$$F_M= F_0+3\text{KHz}$$

Exemplu : $F_0=3700\text{KHz}$ $\rightarrow F_{DDS}=4*3703=14812\text{KHz}$

In modul USB

$$F_{DDS}=4 (F_0-3\text{KHz})$$

$$F_M= F_0-3\text{KHz}$$

Exemplu : $F_0=3700\text{KHz}$ $\rightarrow F_{DDS}=4*3697=14788\text{KHz}$

In modul CW

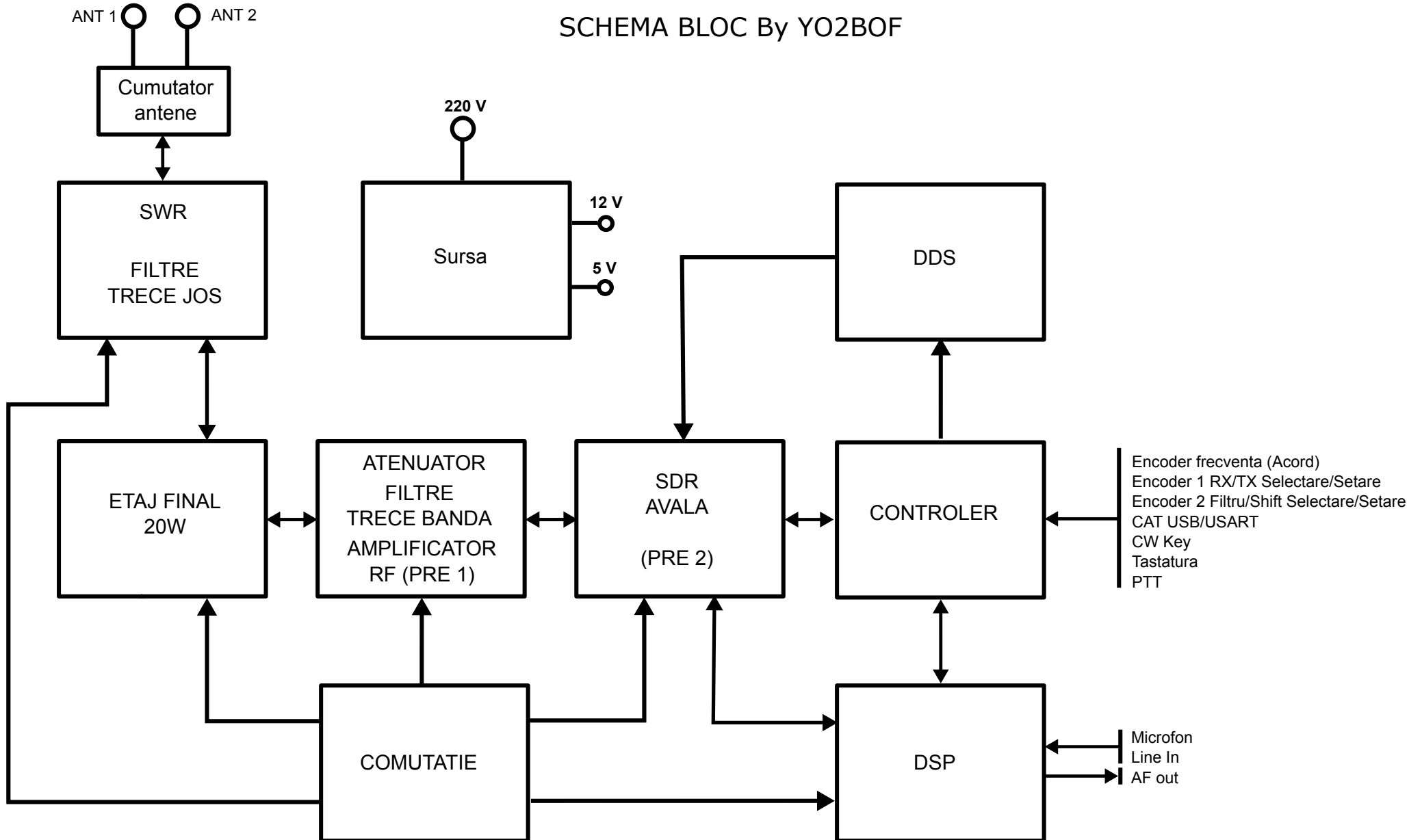
$$F_{DDS}=4 (F_0-700\text{Hz})$$

$$F_M= F_0-700\text{Hz}$$

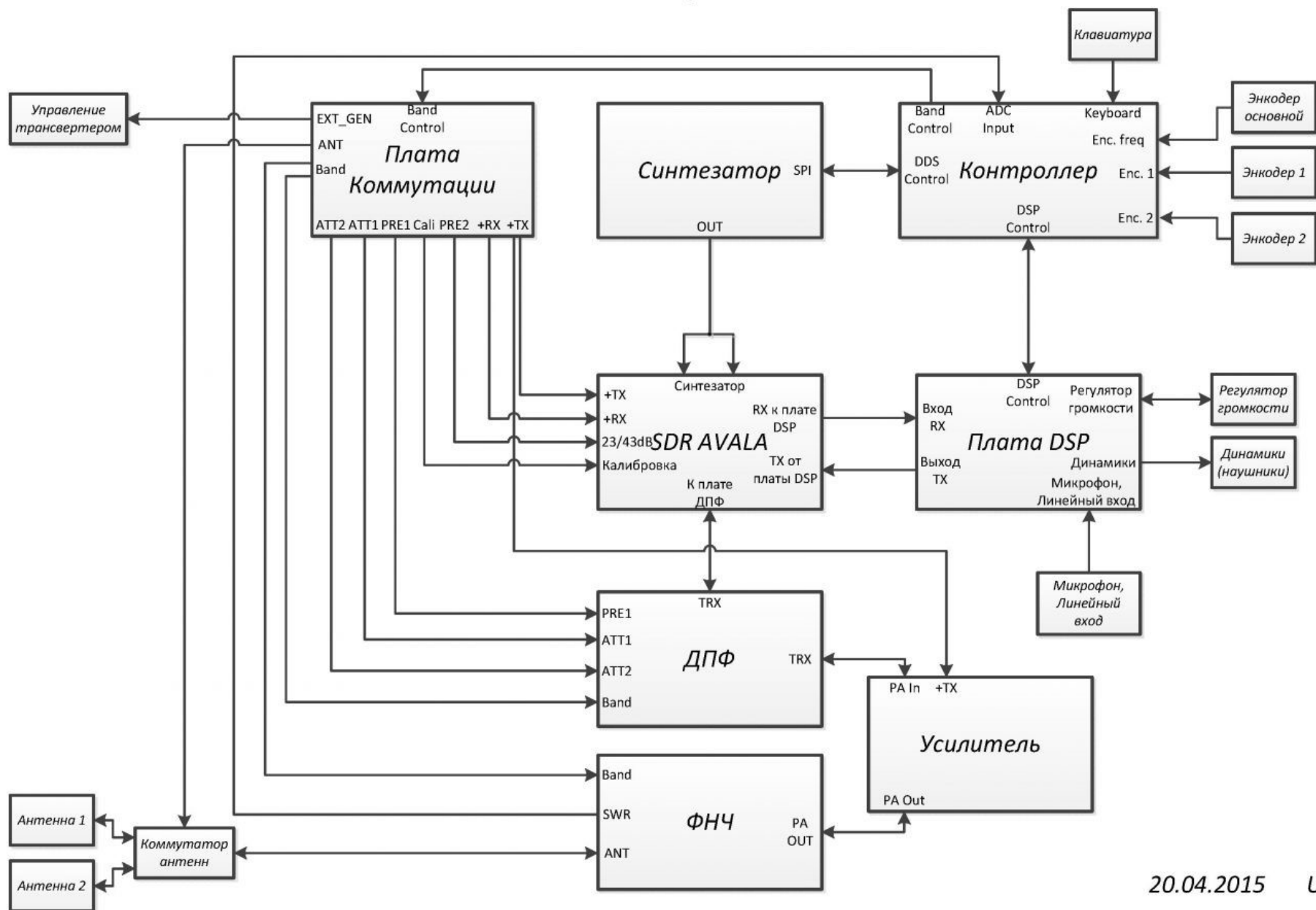
Exemplu : $F_0=3550\text{KHz}$ $\rightarrow F_{DDS}=4*3549,3=14197,2\text{KHz}$

TULIP SDR TRANSCEIVER

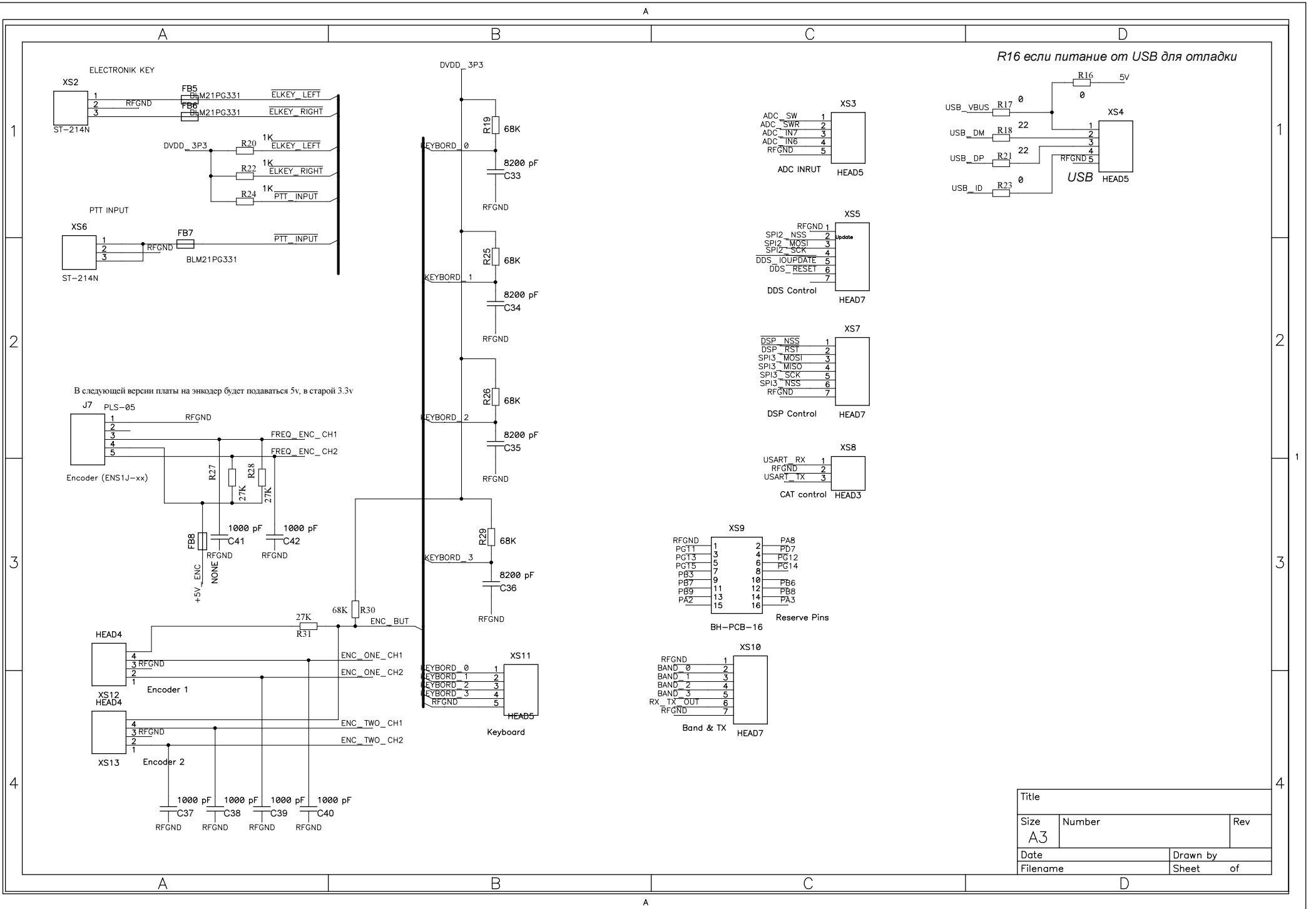
SCHEMA BLOC By YO2BOF



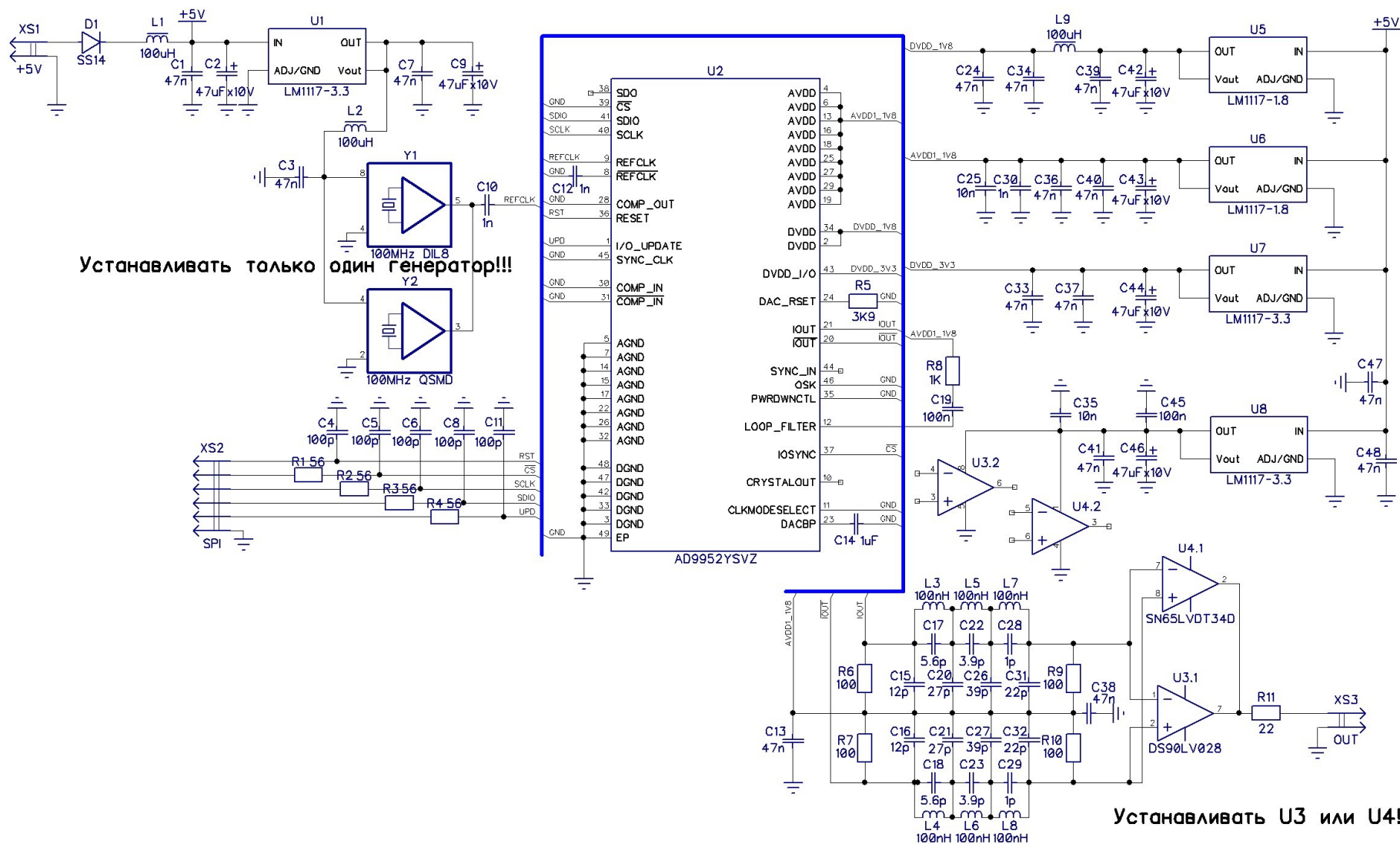
Tulip-DSP



20.04.2015 UT3QI

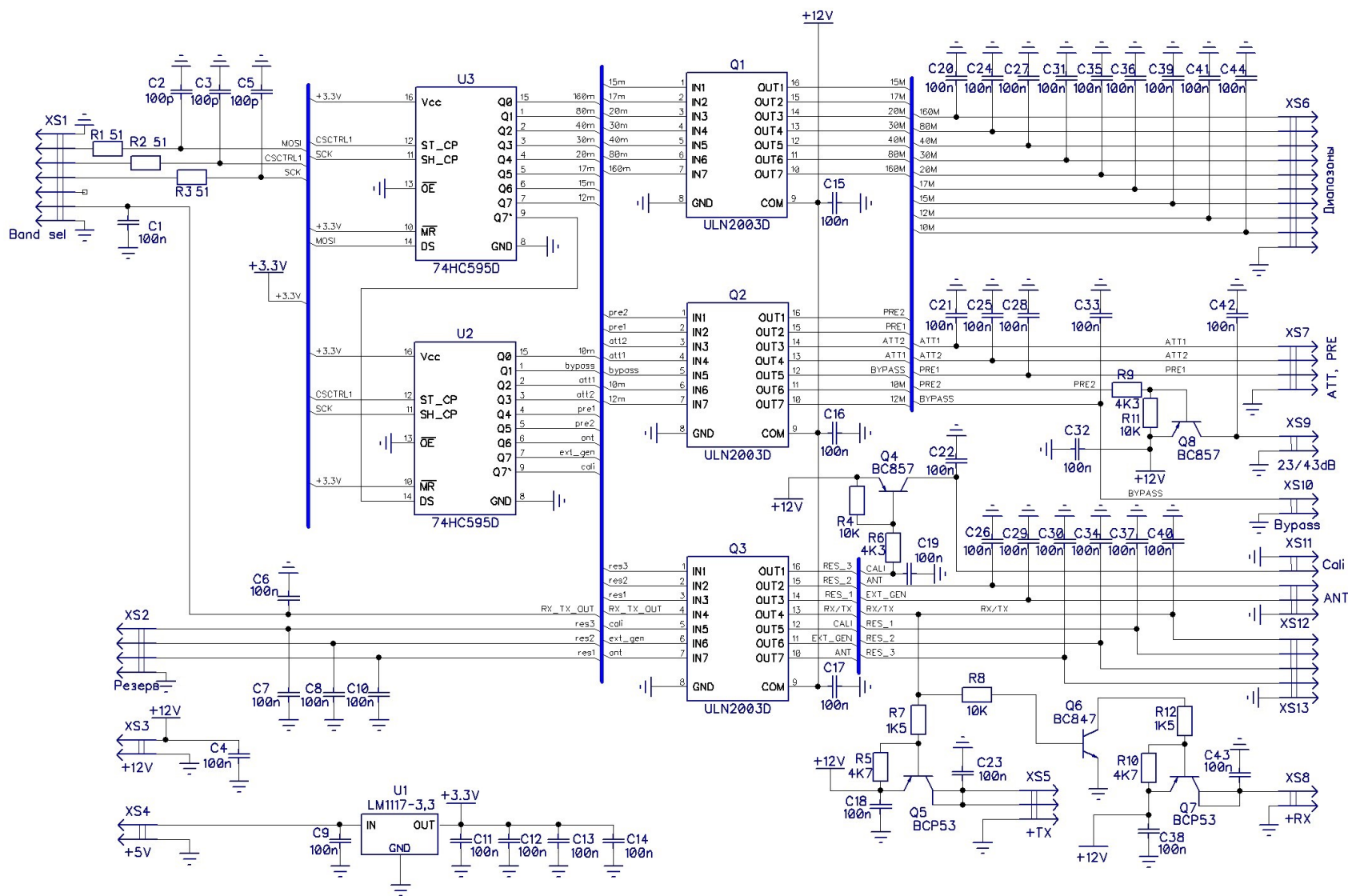


Title		
Size	Number	Rev
A3		
Date	Drawn by	
Filename	Sheet	of



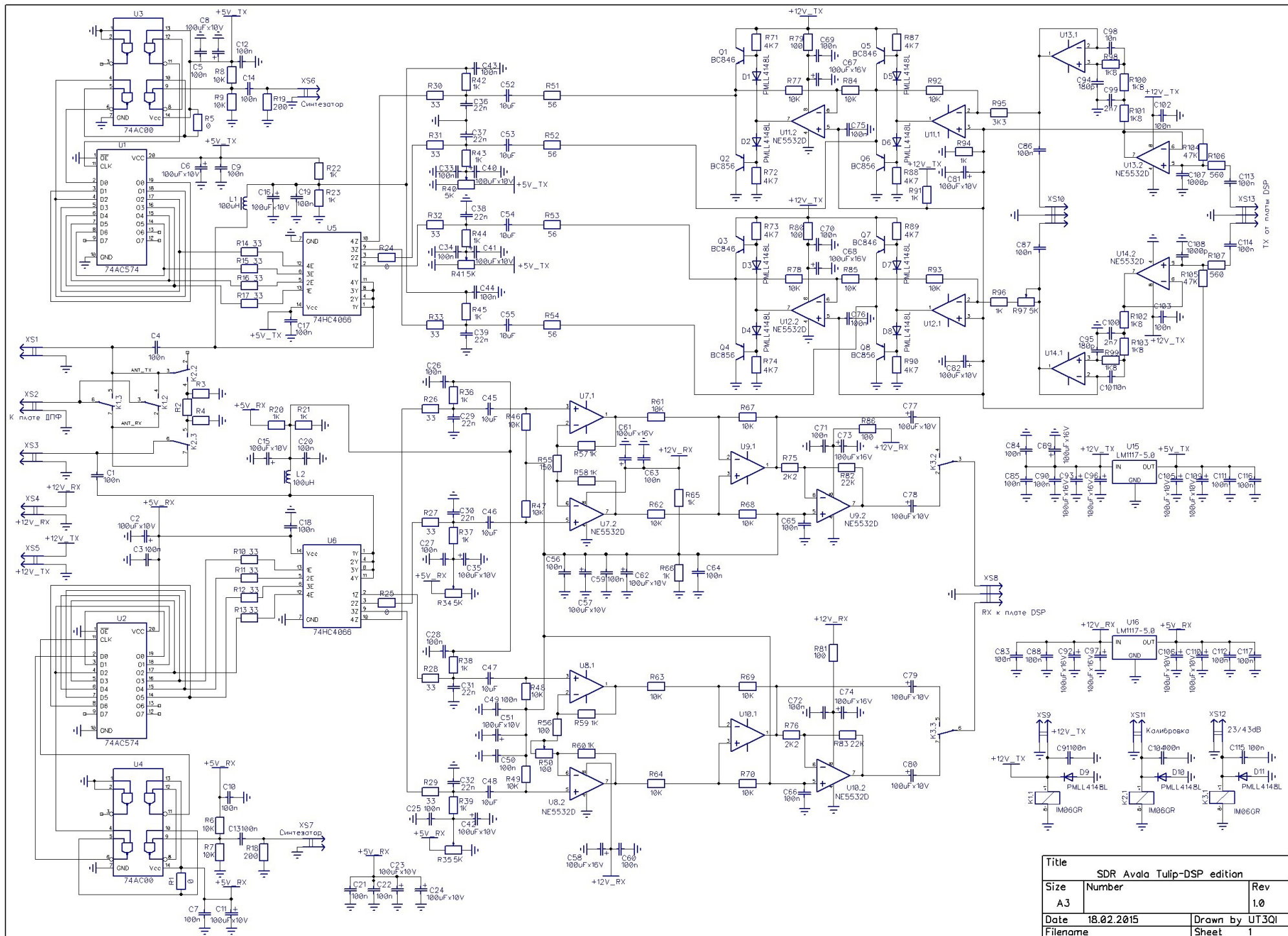
		UT3QI		
		18.02.2015		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

DDS Tulip-DSP v.1.1

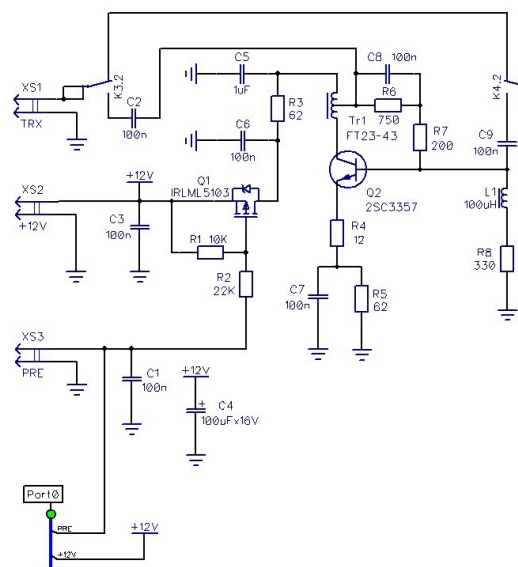


		UT3QI		
		18.02.2014		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Коммутация Тюльпан-DSP



Title		
SDR Avala Tulp-DSP edition		
Size	Number	Rev
A3		1.0
Date	18.02.2015	Drawn by UT3OI
Filename		Sheet 1



TR1 - FT23-43 2x9витков d0.2mm

L1 - SMD1812

L2-L9 - EC24

L10 - T37-2 50витков d0.3mm

L11, L12 - T37-2 34витка d0.3mm

L13 - T37-2 34витка d0.4mm

L14, L15 - T37-2 23витка d0.4mm

L16 - T37-2 23витка d0.5mm

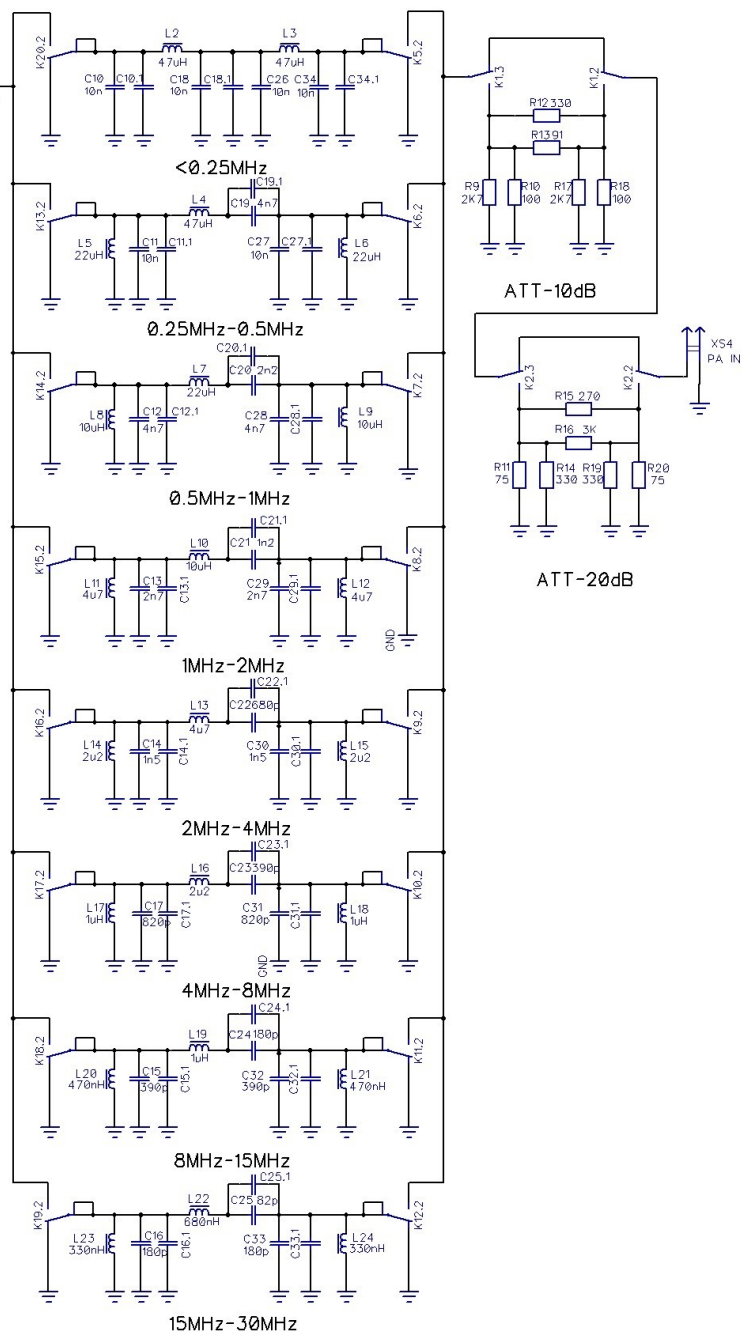
L17, L18 - T37-2 16витков d0.5mm

L19 - T37-6 18витков d0.5mm

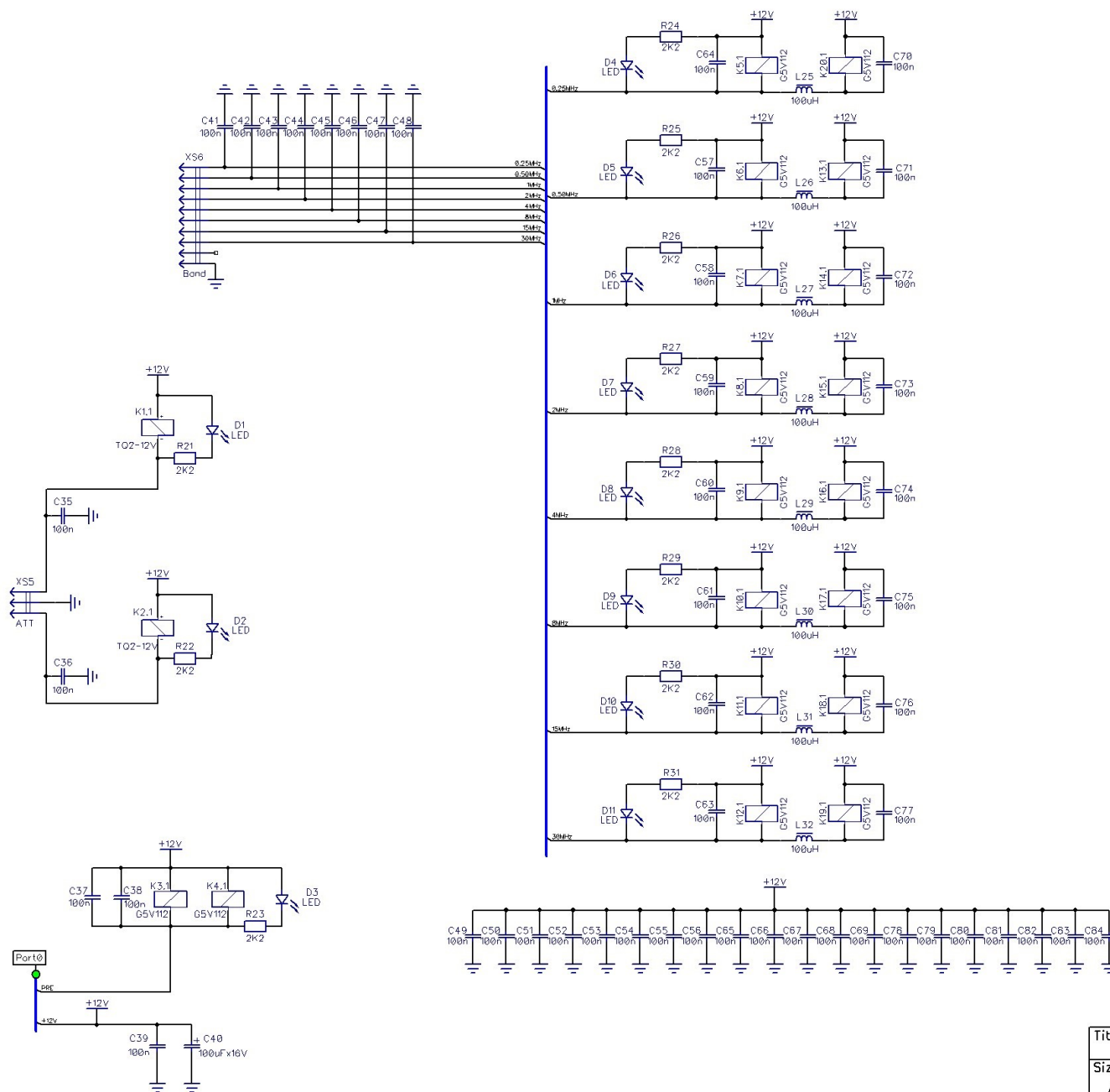
L20, L21 - T37-6 13витков d0.5mm

L22 - T37-6 15витков d0.6mm

L23, L24 - T37-6 10витков d0.6mm

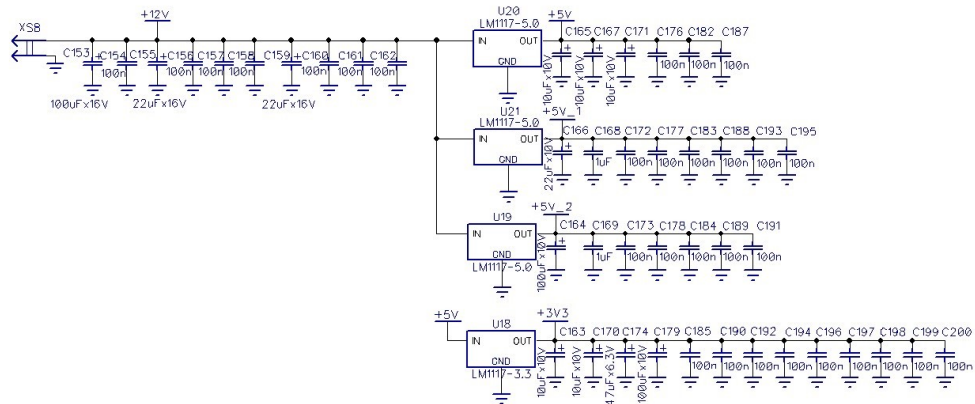
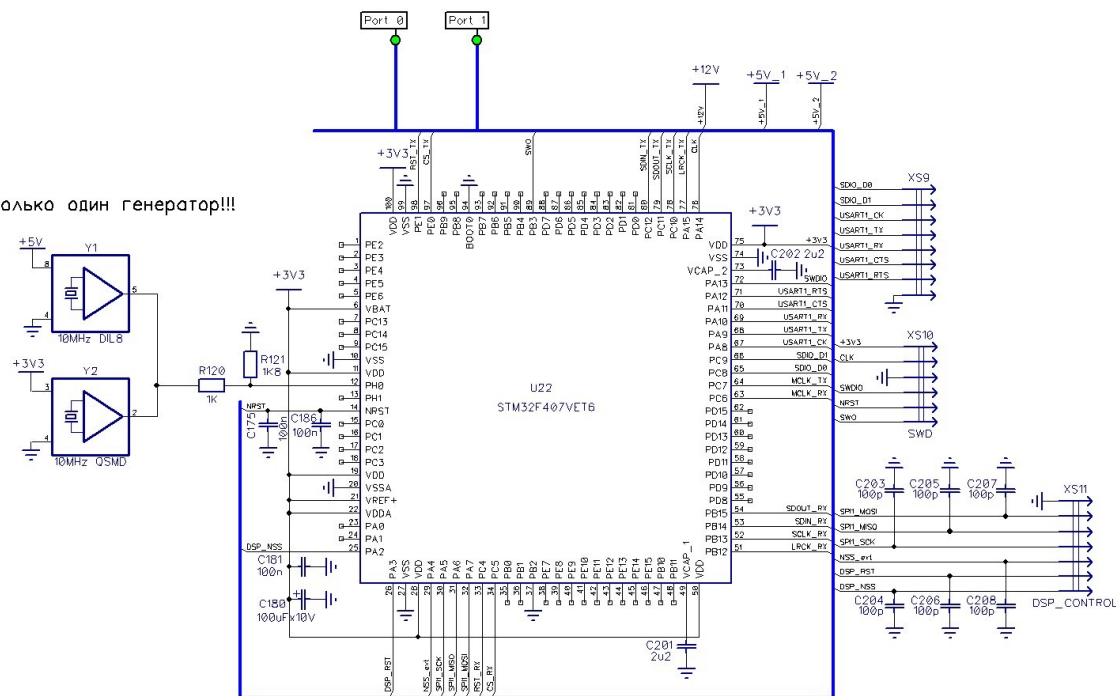


Title		
ДПФ		
Size	Number	Rev
A3	Tulip-DSP	1.3
Date	20.02.2015	Drawn by UT3QI
Filename	Sheet 1 of 2	



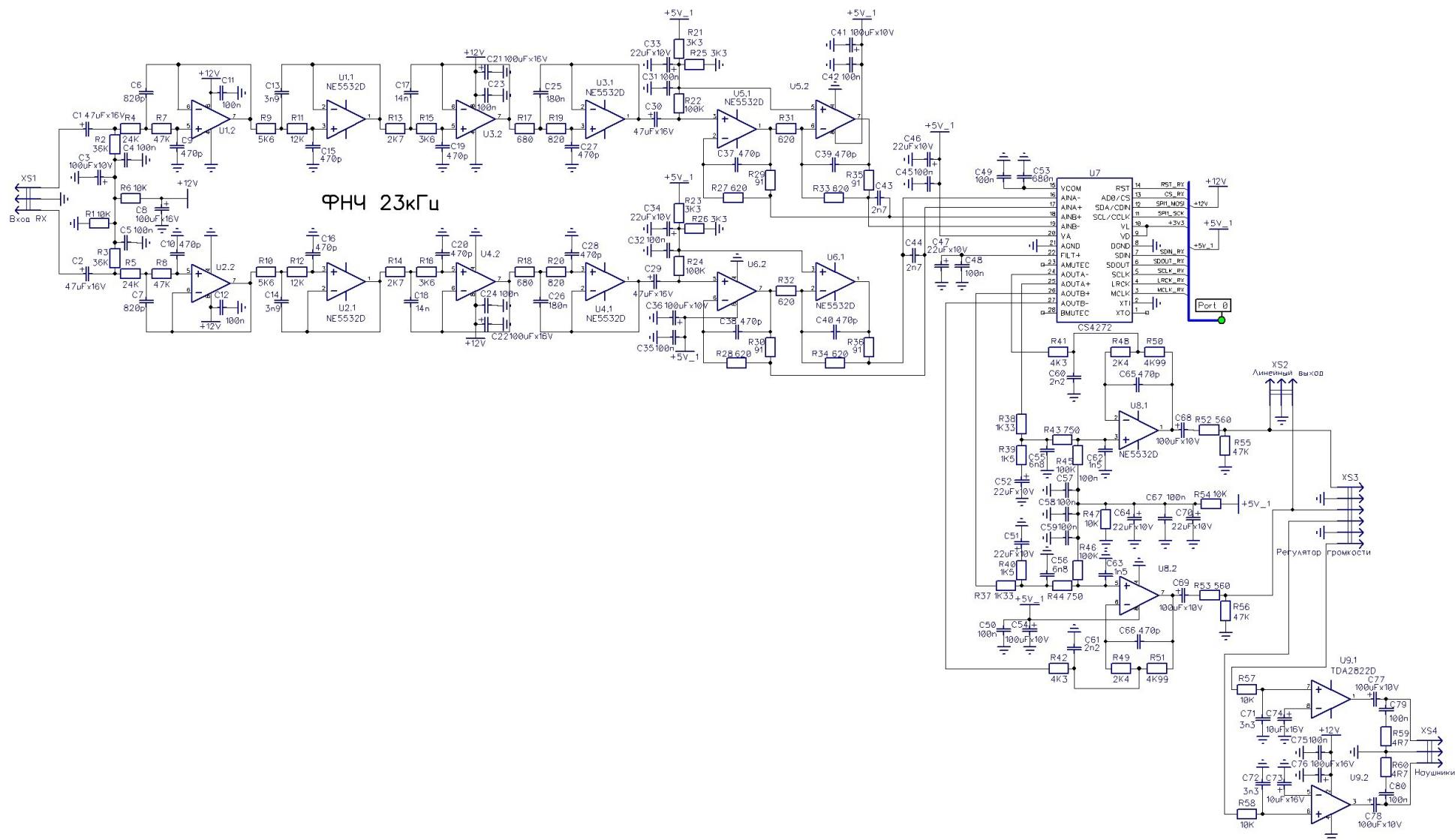
Title		
Коммутация ДПФ		
Size	Number	Rev
A3	Tulip-DSP	1.3
Date	20.02.2015	Drawn by UT3QI
Filename	Sheet	2 of 2

Устанавливать только один генератор!!!



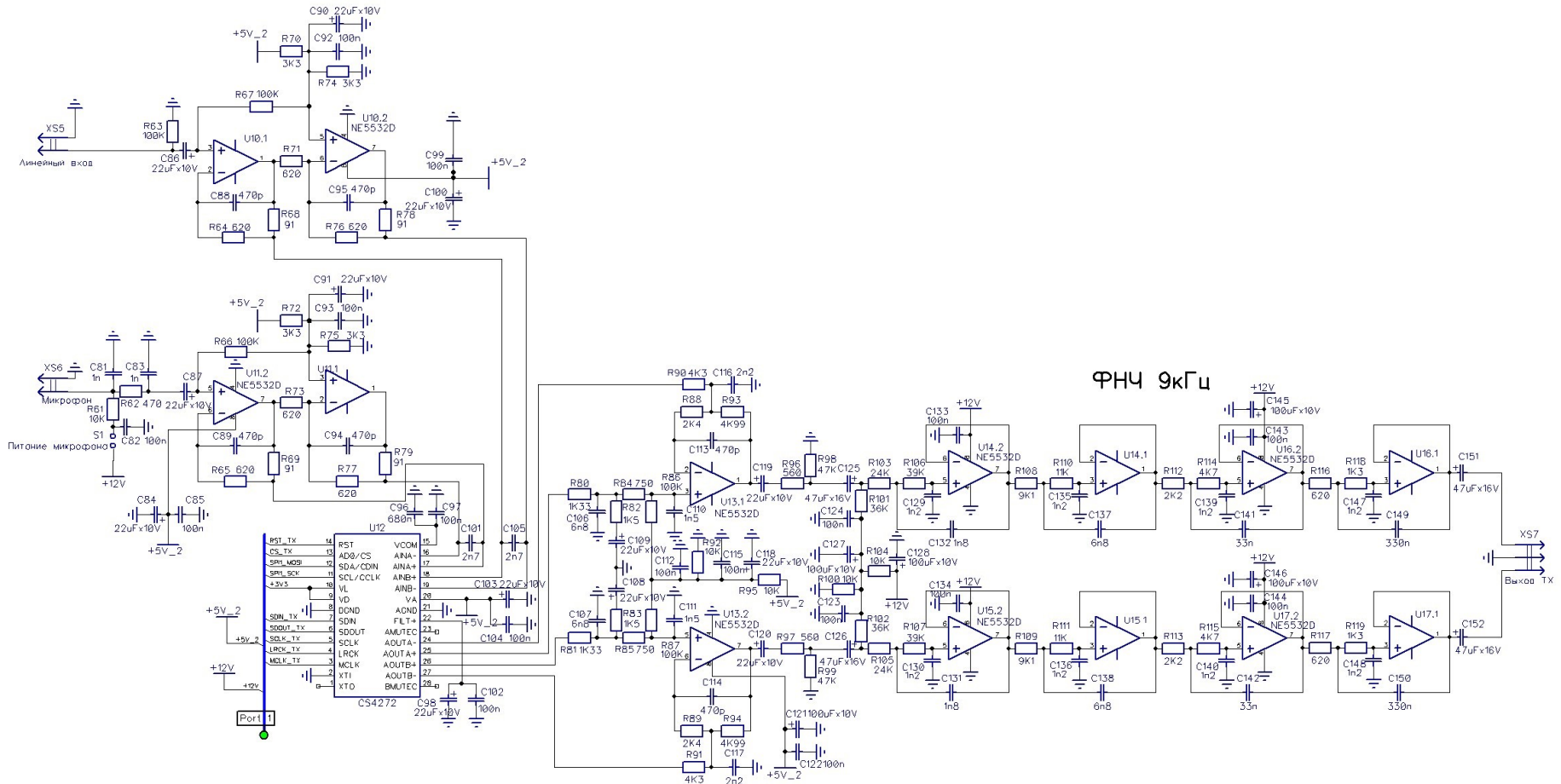
Тюльпан DSP		
Size	Number	Rev
A3	Плата DSP	2.0
Date	18.02.2015	Drawn by UT3OI
Filename	Tulip DSP	Sheet 3 of 3

Плата DSP секция приёма

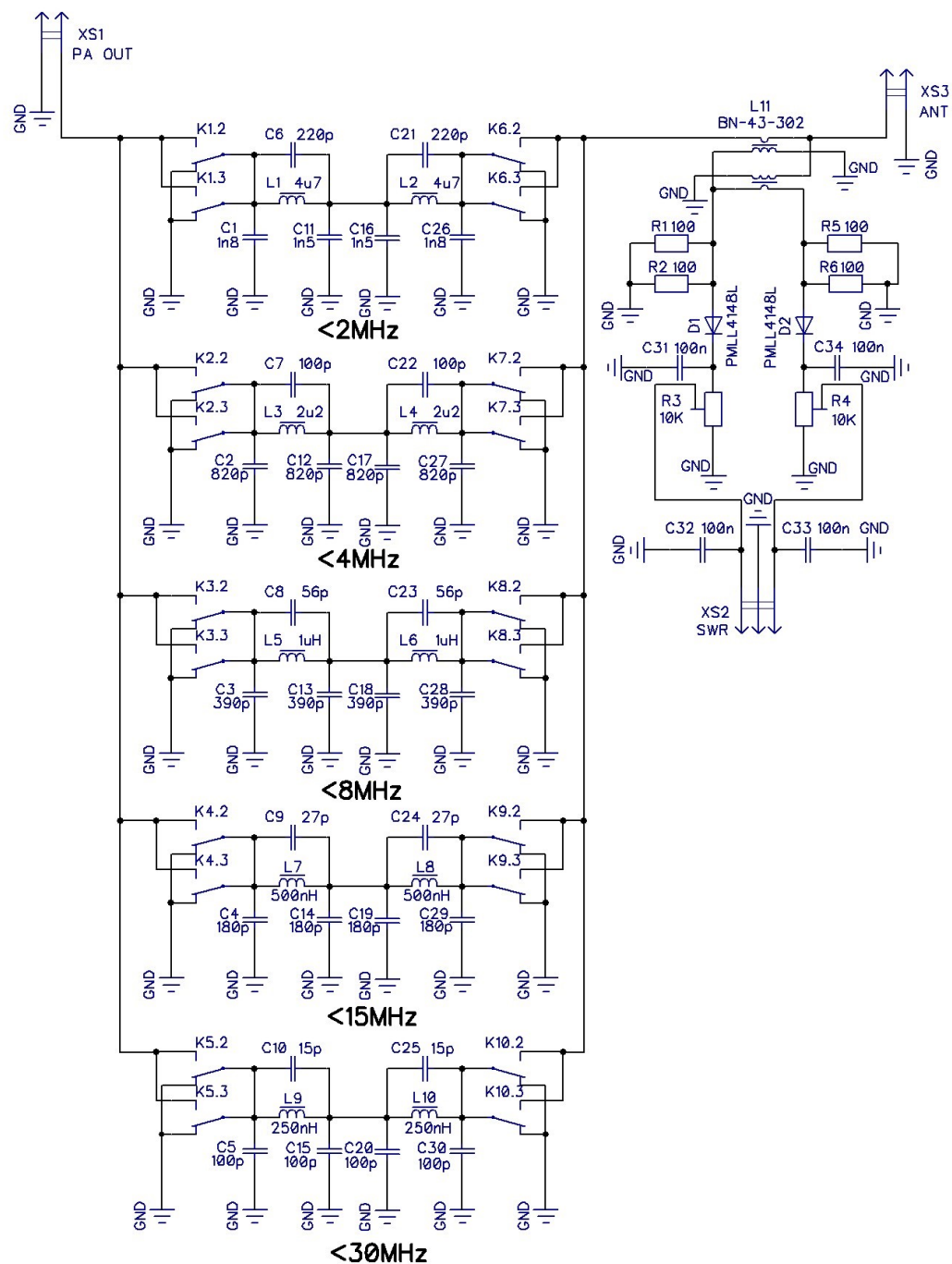


Тюльпан DSP		
Size	Number	Rev
A3	Плата DSP	2.0
Date	18.02.2015	Drawn by UT3OI
Filename	Tulip DSP	Sheet 1 of 3

Плата DSP секция передачи

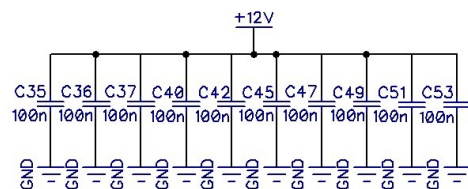


Тюльпан DSP		
Size	Number	Rev
A3	Плата DSP	2.0
Date	18.02.2015	Drawn by UT3OI
Filename	Tulip DSP	Sheet 2 of 3

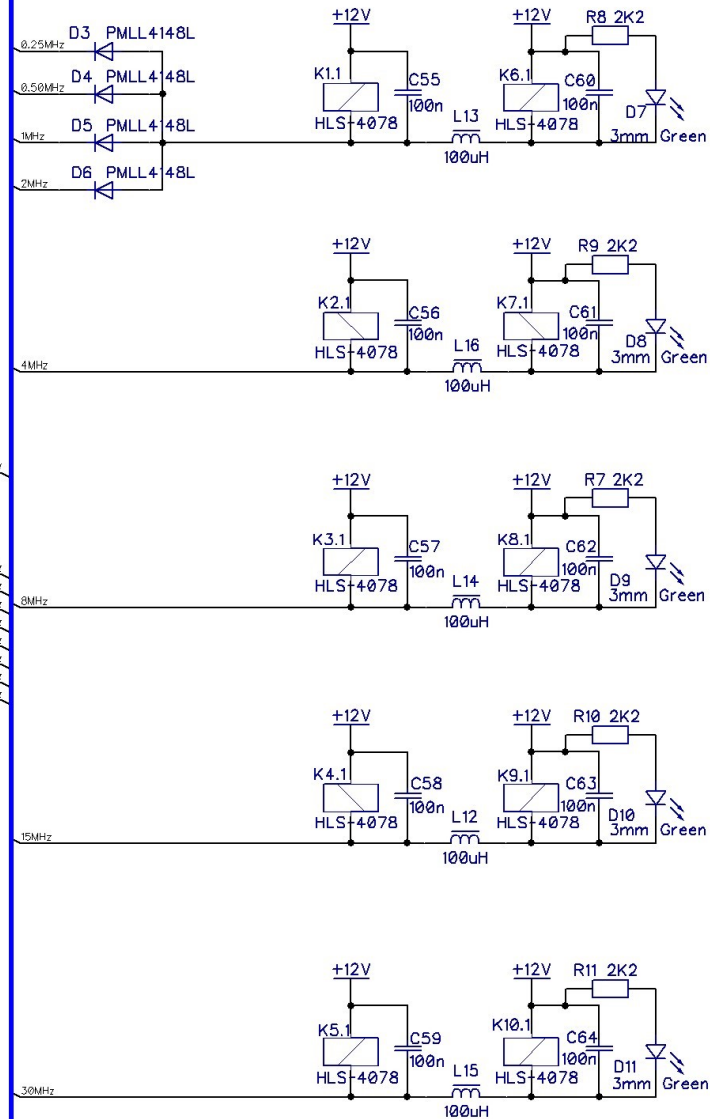
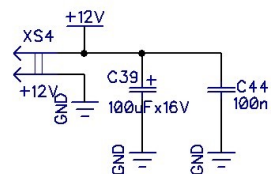
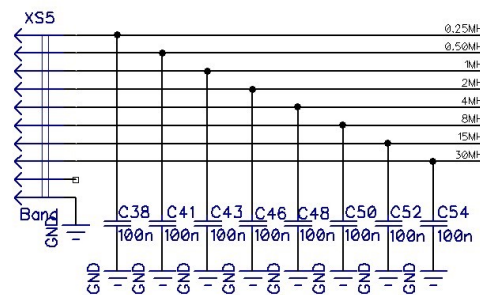


L1, L2 - T50-2 31виток d0.6mm
 L3, L4 - T50-2 21виток d0.6mm
 L5, L6 - T50-2 14витков d0.8mm
 L7, L8 - T50-6 11витков d0.8mm
 L9, L10 - T50-6 8витков d0.8mm
 L11 - BN-43-302 2x10витков d0.31mm

		UT3QI			ФНЧ v.2.1	Лист
		18.02.2015				1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

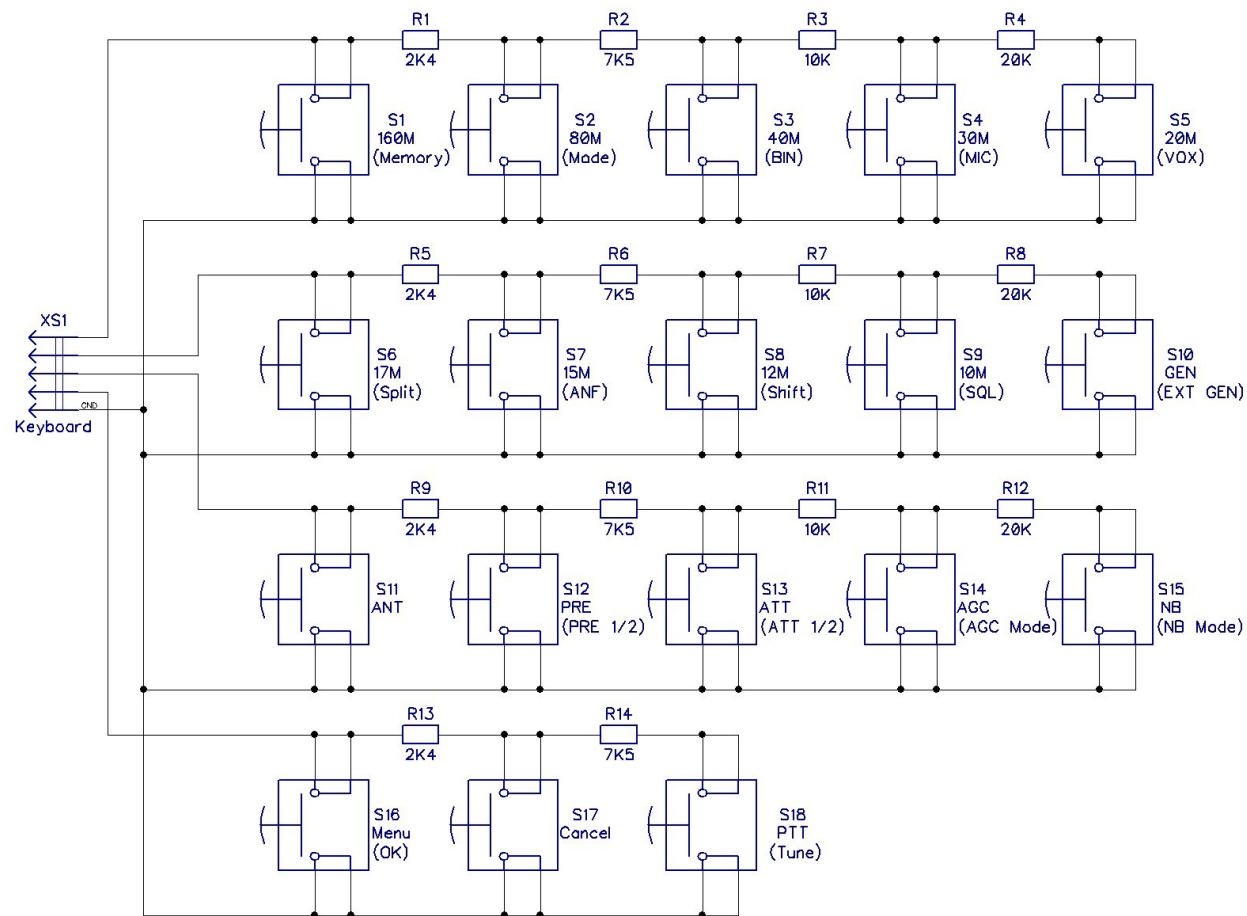


L12-L16 - SMD1812



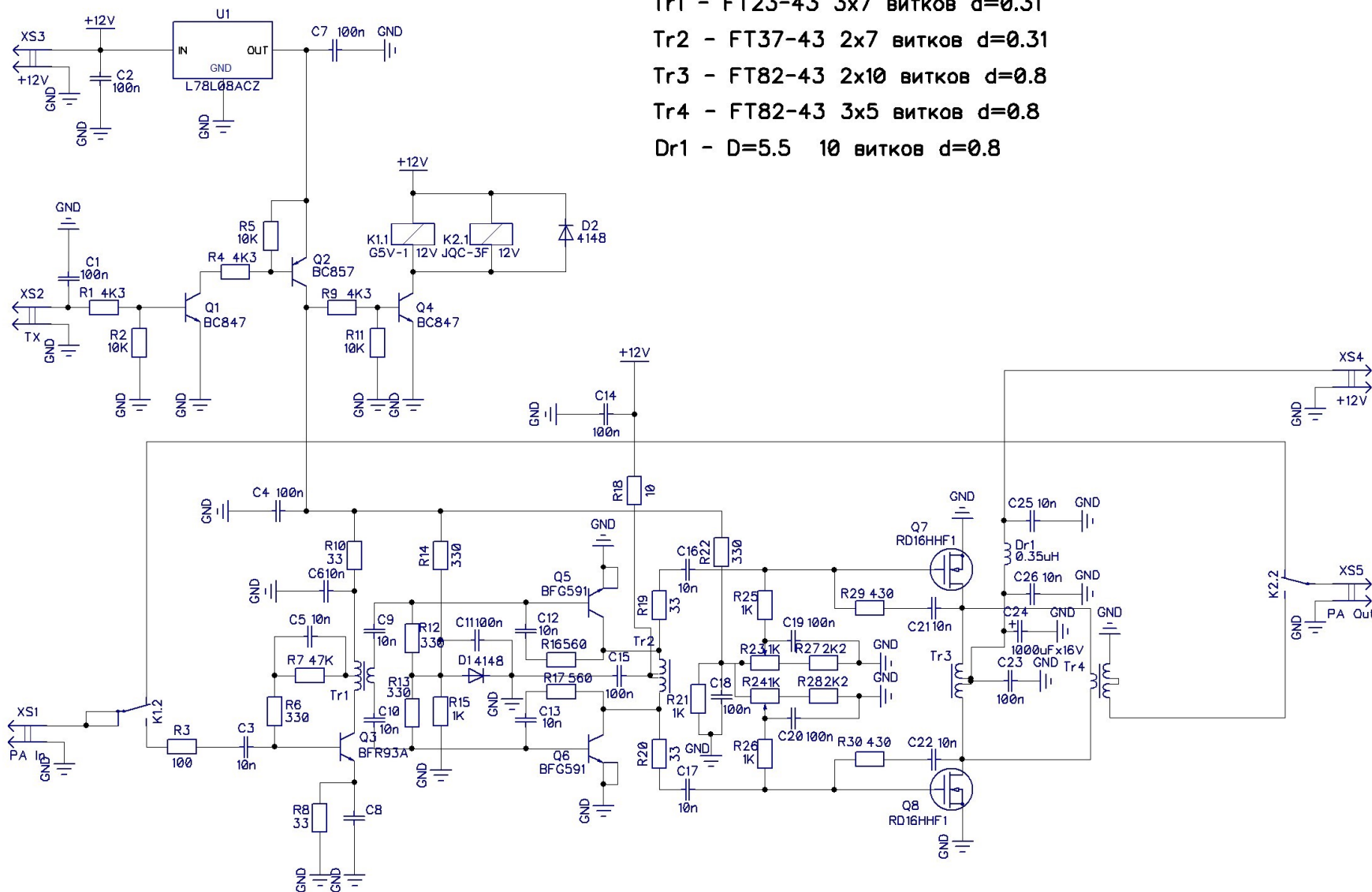
		UT3QI		
		18.02.2015		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Коммутация ФНЧ v.2.1



		R6DAN		
		27.02.2015		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Клавиатура
Tulip-DSP



Tr1 - FT23-43 3x7 витков $d=0.31$

Tr2 - FT37-43 2x7 витков $d=0.31$

Tr3 - FT82-43 2x10 витков $d=0.8$

Tr4 - FT82-43 3x5 витков $d=0.8$

Dr1 - D=5.5 10 витков $d=0.8$

		UT3QI		
		21.02.2015		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Усилитель мощности SW2013 v.1.2
Tulip-DSP Edition

Лист

1

