

Wolfgang Schneider, DJ8ES

2-Tónový Generátor Pre 145Mhz

RF zosilňovač nie je klasifikovaný len mierou zosilnenia a teda maximálnym výstupom. Vzhľadom na konečnú kvalitu signálu je často potrebné vziať do úvahy intermodulačný výkon.

V praxi, vzhľadom na charakteristku zosilnenia, ktorá nie je plne lineárna, RF zosilňovače produkujú šum. Standardná metóda merania intermodulácie, v prípade SSB zosilňovačov, je 2-tónové meranie.

1.

Všeobecné

V záujme zmerania intermodulačného správania sa zosilňovacieho stupňa, dva signály rovnakej intenzity s frekvenciami f_1 a f_2 sú dané na vstup stupňa. Zosilňovač vyprodukuje spektrum intermodulačných produktov z týchto signálov. Najviac kritické sú tie tretieho stupňa ($2f_1-f_2$; $2f_2-f_1$) a piateho stupňa ($3f_1-2f_2$; $3f_2-2f_1$).

Obr. 2 znázorňuje grafickú reprezentáciu intermodulačných produktov.

Účelom je, v prípade v SSB zosilňovačov zabezpečiť, že intermodulačné produkty tretieho rádu sú pod 40dB vzhľadom na čistý tón. Ešte striktnejšie hodnoty platia pre predzosilňovače a mixery. V prípade, že tieto kritéria na kvalitu nie sú brane v úvahe pri SSB, výsledkom je nízka modulačná kvalita a nepresný signál.

Na to, aby bolo možné odmerať intermodulačné produkty, 2-tónový generátor musí taktiež produkovať vysoko-kvalitný signál.

Vybavenie opísované v tomto dokumente kompletne naplnia tieto požiadavky (obr. 3). Výstupná úroveň je +10dBm (10mW) pre každý čistý tón.

Výber tejto úrovne signálu reprezentuje kompromis medzi akceptovateľnou cenou a všestrannosťou použitia.

Z tohto dôvodu 2-tónový generátor môže byť použitý na meranie predzosilňovačov aj vysielacích zosilňovačov.

V prípade, že je potrebný vyšší výstup, môže byť použitý vhodný zosilňovač výkonu s 2-tónovým generátorom pre 145MHz. OM Carsten Vieland (DJ4GC) sa zaoberal touto otázkou niekoľko rokov dozadu v [5].

Frekvencie, $f_1 = 144,850\text{MHz}$ a $f_2 = 145,150\text{MHz}$, umožňujú merania tretieho aj piateho



Fig. 1: 2-tónový generátor pre 2m pásmo, pripravený na kryt.

rádu intermodulačných produktov použitím spektrálneho analyzátoru a prijímača na zmeranie úrovni. Všetky frekvencie, ktoré nás zaujímajú sú v rámci 2m pásma.

(T1) obsahuje obvod, ktorý sa osvedčil počas viacerých rokov. Vyvinul sa z neho štandard vo VHF pásme a vyššie ako oscilátor pre aplikácie na úrovni mikrovln.

2.

Opis obvodu pre kremeňový Quekř vtř"

Kremeňový oscilátor s U310 FET

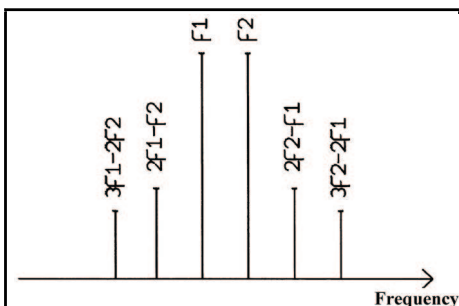
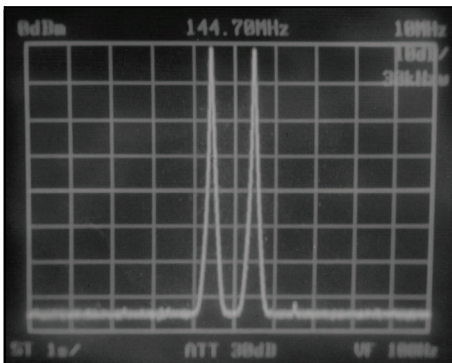


Fig. 2: Symbolická reprezentácia 2-tónového signálu a intermod. produkty 3 a 5 rádu.

V tomto prípade je nový dodatočný low-pass filter pri zdroji energie. Sum stabilizátoru napätia je potlačený pomocou RC siete skladajúcej sa z R3/C19, po 78L09 lineárnom regulátore (IC1).



Obr. 3: Vo výstupnom spektre môžeme rozoznať vysokú spektrálnu čistotu 2-tónového signálu.

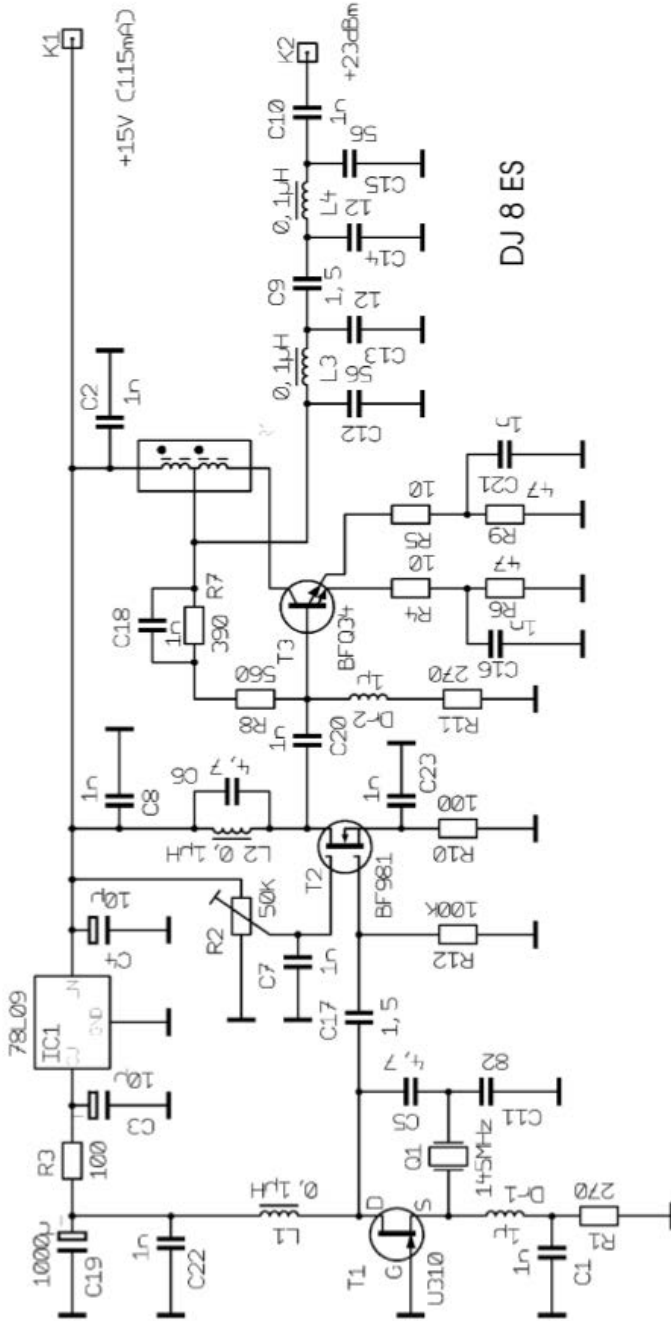


Fig 4 : Circuit diagram of 145MHz oscillator.

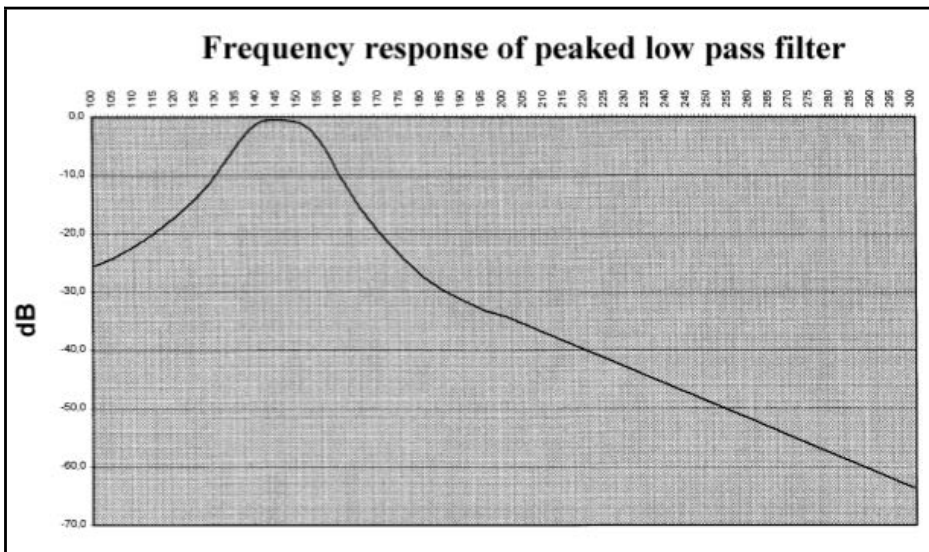


Fig 5 : Frekvenčná odozva výstupného filtra v oscilátore (peaked low pass for 145MHz).

Toto má priamy vplyv na kvalitu obvodu kremenného oscilátora.

Ďalší zosilovací stupeň, používajúci BF981 - dvojbrana MOSFET (T2), zvýši signál oscilátora na maximum rovné +7dBm (5mW). Amplifikácia tohto stupňa môže byť upravená na širšie rozmedzie pomocou 50k Ω trimmra.

Rezonančný obvod (L2/C6) je veľmi široký pre 50 Ω technológiu, z dôvodu vysokej záťaže spôsobenej ďalším zosilňovačom.

Posledný zosilňovač používa BFQ34 tranzistor (T3), zvyšuje výstup na maximum až +24dBm (250mW). Vstupná a výstupná impedancia zosilňovača je 50 Ω . Súčasná spotreba pre tento stupeň je približne 80mA ($\pm 15\%$), v závislosti od výstupu a upravená trimmerom.

Low-pass filter na výstupe oscilátora má rozhodujúci vplyv na spektrálnu čistotu výstupného signálu pri 145MHz. Vložný útlm filtra je približne 1.3dB. Prvá harmonická na 290MHz je potlačená o viac ako 60dB. Obr. 5. Zobrazuje frekvenčnú odozvu low-pass filtra.

Výstupný signál oscilátora pri 145MHz bol detailne analyzovaný pomocou spektrálneho analyzátoru Advantest R4131 pri výstupe s hodnotou +23dBm (200mW). Neboli detekované žiadne harmonické alebo nežiaduce výstupy. Rozsah úrovní, ktoré mohli byť detekované presahoval 80dBc.

2.1. Zoznam častí oscilátora (pre poskladanie každého oscilátora!)

T1	U310, tranzistor
T2	BF981, tranzistor
T3	BFQ34, tranzistor
IC1	78L09, regulátor napätia
L1-L4	BV5061 Neosid 0.1 μ H cievka
Q1	145MHz kremeň, HC-18/U, 7th overtone (napr. 144.850MHz a 145.150MHz pr 2. oscilátor)
TR1	Dvojžilový transformátor, 2 x 7 otáčok

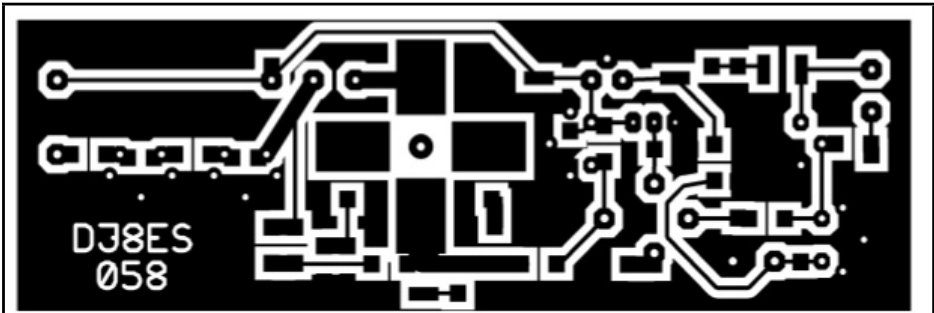


Fig 6 : PCB rozloženie pre 145MHz oscilátor (bez mierky).

	na feritovom jadre	C5,6	4.7pF
R2	50k Ω spindle trimmer, 64 W model	C9	1.5pF
C19	1,000 μ F elektrolytický kondenzátor, 16V, radiál	C11	82pF
		C12,15	56pF
		C13,14	12pF
C3,C4	10 μ F lektrolytický kondenzátor, SMD, 1812 model	C17	1.5pF
Dr1,Dr2	1 μ H škrtič, SMD, 1812 model	R1,11	270 Ω
1 x	DF-C 1nF, pájkovateľný	R3,10	100 Ω
1 x	SMA flanged (prírubový?)	R4,5	10 Ω
1 x	WB kryt, 37mm x 111mm x 30m.	R6,9	47 Ω
		R7	390 Ω
1 x	doska DJ8ES 058	R8	560 Ω
Ostatné komponenty v SMD 1206:		R12	100k Ω
C1, 2, 7, 8, 10, 16, 18, 20-23			

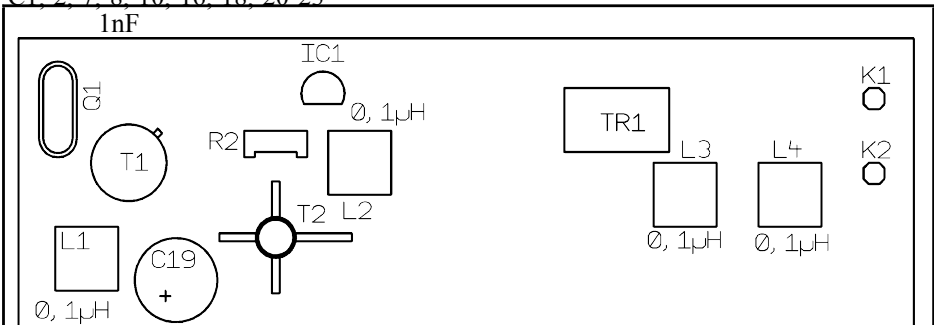


Fig 7 : Rozloženie komponentov pre 145MHz oscilátor (horná strana).

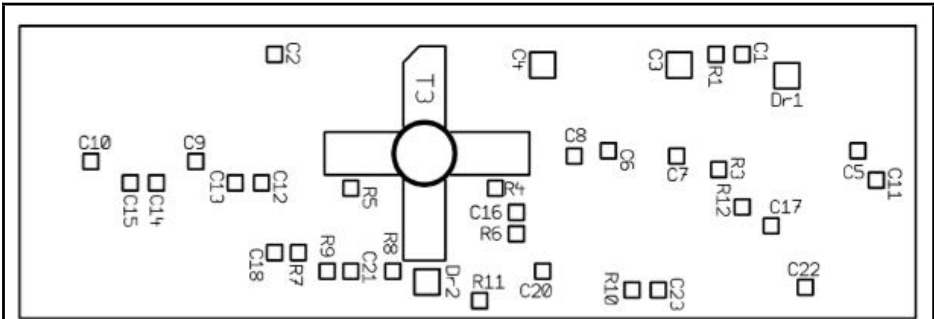


Fig 8 : SMD rozloženie komponentov pre 145MHz oscilátor (strána fólie).

2.2. Inštrukcie na montáž kremenného oscilátora

Obvod kremenného oscilátora pre 145MHz je vytvorený na 34mm x 108mm epoxidovej doske, meď na oboch stranách (Obr. 6). Pasuje do komerčne dostupného 37mm x 111mm cinového krytu, ktorý je 30 mm vysoký.

Pre 2-tónový generátor, dve montáže oscilátorov s identickými komponentami sú potrebné. Jediným rozdielom je kremenný kryštál.

Najprv vyvrtajte do dosky diery s 0.8 alebo 1mm vrtákom, potom všetky diery pre spojenia môžu byť zapustené s 3mm vrtákom (Všimnite si, že meď ostáva na spoji

so zemou, napr. filtre (pots?) sú pájkované na oboch stranách!). SMA flanged bush a priechodné kondenzátory sú montované ako prvé. Doska je vložená do krytu a nachádza sa v ňom pomerne nízko. Plochy so zemou sú pájkované okolo oboch strán na cinovom kryte. Maximálna montážna výška je určená 1,000 μ F elektrolytickým kondenzátorom.

2.3. Uvedenie oscilátora do prevádzky

Po montáži oboch oscilátoroch je potrebné skontrolovať, či sú všetky komponenty na správnom mieste, rovnako preveriť aj správnosť pájkovania. Následne môže byť

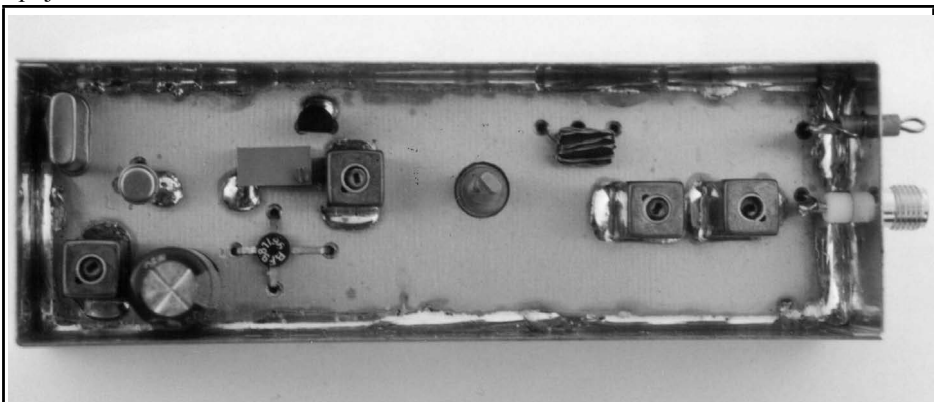


Fig 9 : Zmontovaný oscilátor pripravený na operovanie.

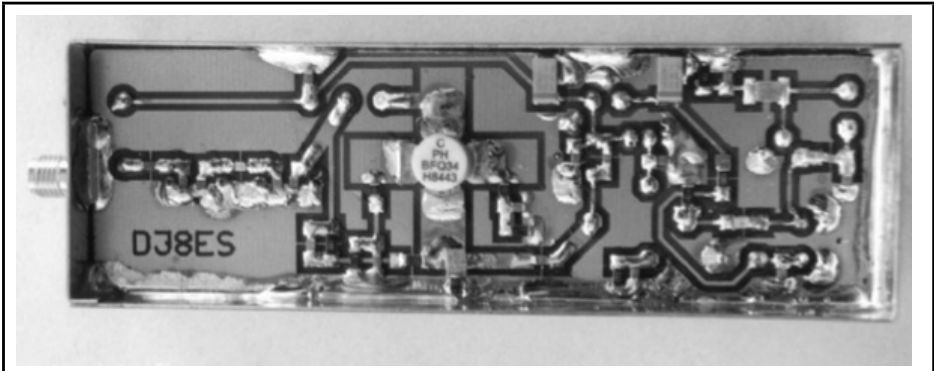


Fig 10 : 145MHz oscilátor pripravený na prevádzku, zobrazenie SMD komponentov na fóliovej strane PCB.

prvý 145MHz oscilátor daný do operačného režimu.

Napájacie napätie je +15V, s prúdom približne 100mA. Prúd sa mení v rozmedzí 15%,

v závislosti na vybranom výstupe. Táto úroveň môže byť upravená medzi +3dBm (2mW) a +24dBm (250mW) pomocou 50k Ω trimmra na G2 z BF981 (T2). Prednastavenie výstupu na +20dBm (100mW) je výhodné pre následné použitie v hotovom 2-tónovom generátore.

Najsprávnejšie je kremenný oscilátor (T1, U310) uvedený do prevádzky. Keď je jadro opatrne namotané v cievke (0.1 μ H), obvod by mal začať oscilovať. Jadro je fixované trochu nižšie ako maximálny výstup, tak aby oscilátor štartoval spoľahlivo.

Na odmeranie výkonu, môže byť pripojený na výstup vhodný milli-watt meter. Treby byť opatrný, úroveň výkonu je 250mW maximum. Low-pass filter výstupu je potrebné upraviť na maximálnu výstupnú úroveň striedavým upravovaním cievok L3 a L4. Následne vyladenie cievky L2 ukončuje kalibračný proces.

3.

Opis obvodu zlučovača

Zlučovač spája signály f1 a f2, dvoch oscilátorov (Fig. 11).

Vstupy sú spojené pomocou 3dB tlmieča pre lepšie oddelenie. Dvojžilový transformátor, TR1, kombinuje tieto vstupné signály.

Obvod neobsahuje žiadne aktívne komponenty, ktoré by mohli zbytočne degradovať kvalitu signálu.

Každá vetva signálu prispieva (takmer presne) 10dB na stratu signálu, 3dB kvôli tlmieču a 7dB z dôvodu zlučovača. Pre výstup 2 x 100mW (+20dBm), má 2-tónový signál na výstupe celkovú hodnotu 20mW (+13dBm).

3.1. Zoznam častí zlučovača

R1-3	50 Ω , SMD, model 1206
R4,6,7,9	300 Ω , SMD, model 1206
R5,R8	18 Ω , SMD, model 1206
TR1	Transformátor, 7 otočiek, 0.2mm smaltovaný medený drôt, dvojžilový navinutý na feritový lem

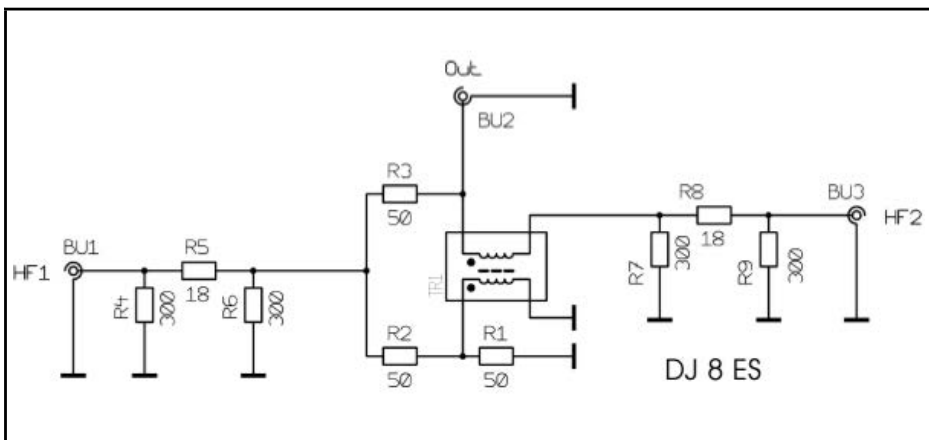


Fig 11 : Diagram obvodu zlučovača pre dve frekvencie v 2m pásme.

- 3 x SMA prírubové bush
- 1 x cínový kryt, 37mm x 55mm x 30mm
- 1 x vytlačená doska DJ8ES 059

3.2. Montážne inštrukcie zlučovača

Montáž je uskutočnená na 34mm x 54mm epoxidovej doske, medená na oboch stranách (Obr. 12). Pasuje do komerčne dostupného 37mm x 55.5mm x 30mm krytu.

Doska je montovaná zo strany fólie, 0.8 mm diery sú najprv vyvrtané pre transformátor TR1. Okrem spojení so zemou, tieto diery sú zapustené pomocou 3mm vrtáka. Spojenie so zemou je pajkované na oboch stranách.

Vytlačenú dosku vkladáme do cínového krytu s SMA soketmi už umiestnenými. Plochy so zemou by mali byť pájkované na kraj krytu na oboch stranách.

Ak si nemôžete dovoliť špeciálne 50Ω rezistory, môžete použiť 100Ω rezistory v paralelnom zapojení (piggyback). Z dôvodu symetrie, tieto rezistory môžu byť merané tak presne ako je to možné.

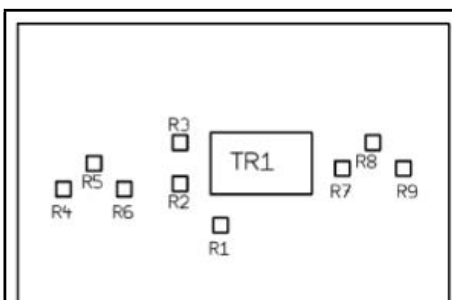


Fig 13 : Rozloženie komponentov pre zlučovač. Všetky sú na fólieovej strane.



Fig 12 : PCB rozloženie (bez mierky).

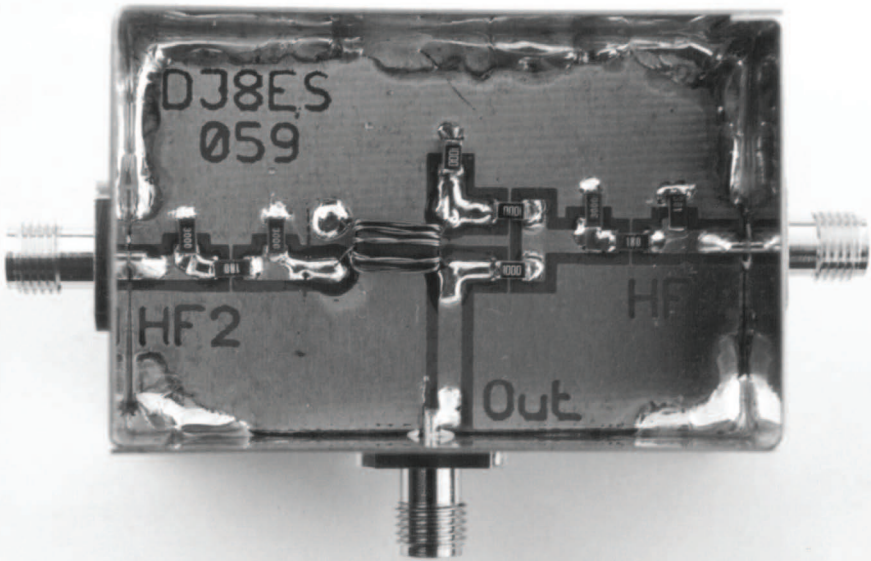


Fig 14 : Zlučovač pre 145MHz 2-tónový generátor, spojený a pripravený operovať.

4.

2 x 15 v zdroj energie

Každý z dvoch kryštálových oscilátorov je prevádzkovaný vlastným napájacím napätím (15V, 100mA). Dva lineárne regulátory (IC1, IC2) držia napätie stabilné na požadovanej úrovni. Z ostatných hľadísk, obvod pre zdroj energie (2 x 15V) z obr. 15 nepotrebuje viac vysvetlenia.

Montáž je uskutočnená na 100mm x 75mm epoxidovej doske, medenej na jednej strane (Fig. 16). Počas montáže, špeciálnu pozornosť je potrebné venovať 230V spojeniu, poistke a transformátoru, vid' obr 17. Informácie k bezpečnosti možno nájsť v DIN EN 60065 (VDE 0860) pre audio, video a podobné elektrické zariadenia- (October, 1998 version).

4.1. Zoznam častí

TR1	Transformátor, 18V, 555mA EI48/16.8 10 VA
BR1	B40C1500, mostkový usmerňovač
IC1,IC2	7815, 15V regulátor napätia
C1	1,000 μ F elektrolytický kondenzátor, radiál, RM, 7.5mm.
C2,C3	47 μ F elektrolytický kondenzátor, radiál, RM 5mm.
C4,C5	100nF, keramický, RM 2.5mm.
F1	100mA jemno-drôtová poistka, oneskorená akcia, D = 5mm. x 20mm.
2 x	chladiče SK 104 38.1 STS,
1 x	držiak poistky
5 x	1mm pájkovací kolík
1 x	doska DJ8ES 060

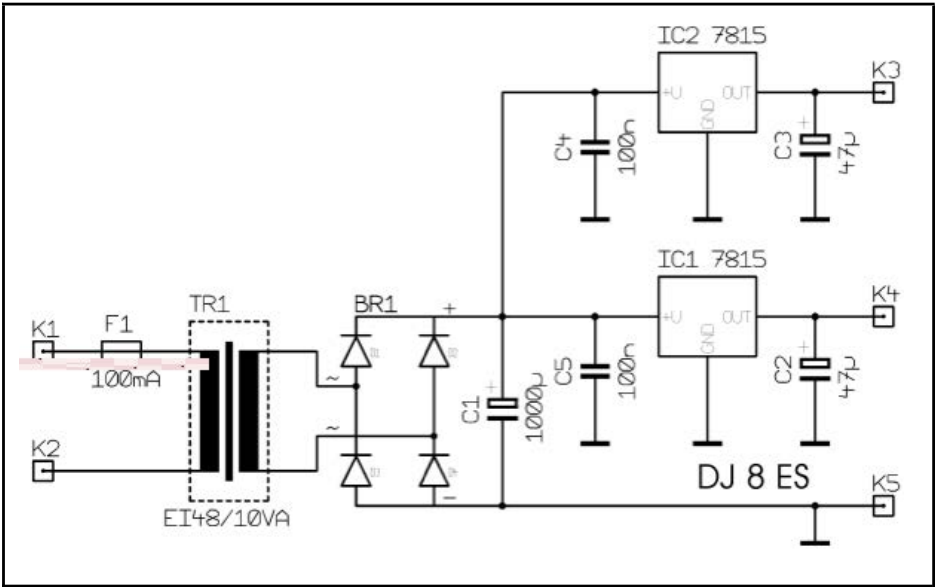


Fig 15 : Diagram obvodu pre 2 x 15V zdroj energie.

5.

Uvedenie do prevádzky

Potom, ako všetky časti boli skonštruované a umiestnené vo vhodnom kryte 2 tónový generátor

môže byť uvedený do prevádzky ako celok po prvý krát.

Dva oscilátory môžu byť pripojené do vzorového aparátu. T

(Obr. 18). RF úroveň pre každý oscilátor je individuálne nastavená na +10dBm (10mW), meraná na výstupnom sokete aparátu. Ak obo

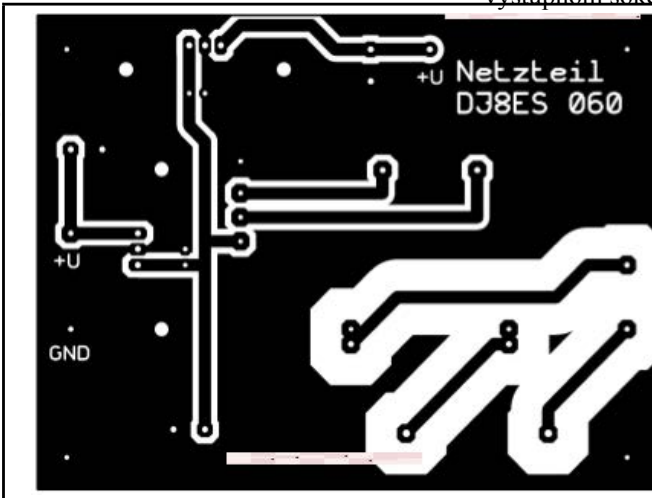


Fig 16 : PCB rozloženie pre zdroj energie (bez mierky).

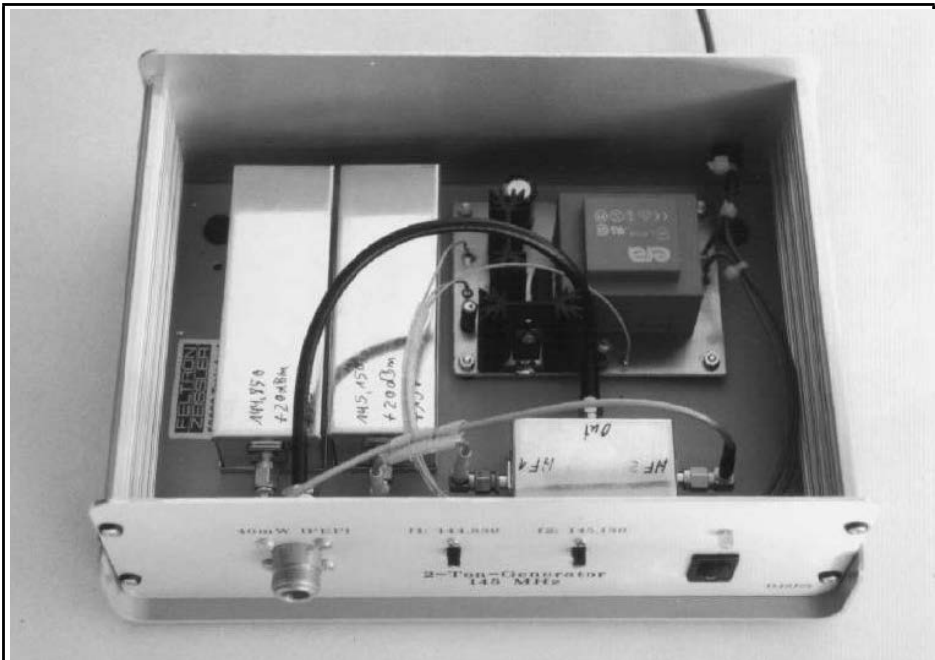
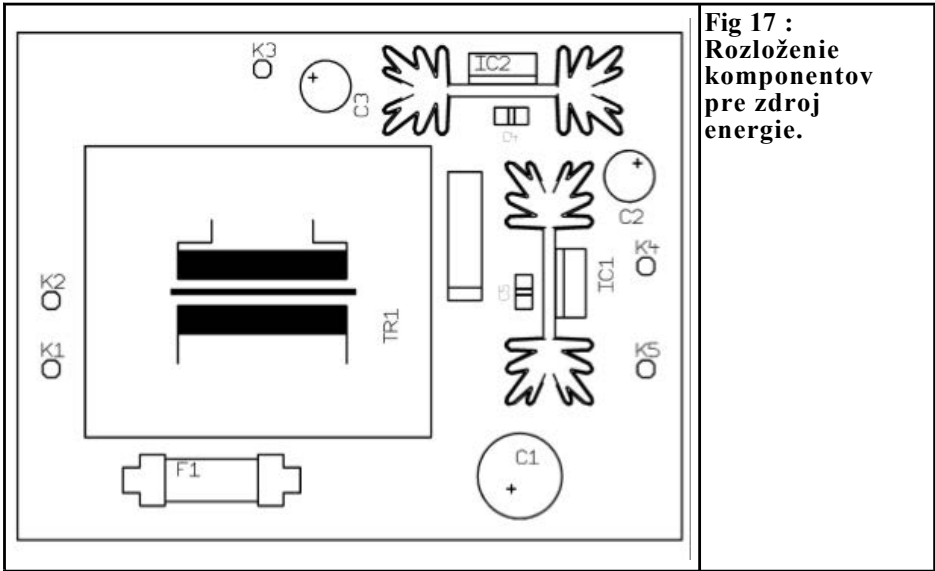


Fig 18 : Pohľad do vzorového aparátu. Oscilátory (144.950 MHz a 145.150 MHz) sú montované v ľavej polovici. Zlučovač sa nachádza priamo za predným panelom a zdroj energie je kúsok za tým.

časti sú zapnuté, potom celkový signál je +13dBm (20mW) alebo 40mW PEP.

Dvojtónový signál je viditeľný pri 145 MHz na pripojenom spektrálnom analyzátore. O br. 3 ukazuje dobrú úroveň kvality tohto generátora. Malo by byť vzané do úvahy, že väčšina spektrálnych analyzátorov je už extrémne nad-modulovaná pri takej úrovni výstupu a produkujú intermodulačné produkty same o sebe. Také signály môžu byť namerané iba za pomoci do série zapojených 20dB alebo 30dB tlmičov.

6.

Odkazy

- [1] Wolfgang Schneider, DJ 8 ES 116MHz quartz oscillator for 2m transverter with high-level ring mixer *Funkamateureur*, vol. 51 (2002), No. 7, Pp. 716-717
- [2] ARRL-Handbook 2000 Hybrid Combiners for Signal Generators ARRL-Handbook, 77th Edition Chapter 26: Test Procedures and Projects
- [3] Philips Semiconductors RF transmitting transistor and power amplifier fundamentals Philips Semiconductors 1998
- [4] Plessey Semiconductors Publication no. AN156 Issue No. 2.0 Plessey Semiconductors Sep. 1993
- [5] Carsten Vieland, DJ 4 GC Broadband, low inter-modulation, low-output amplifier from 3 to 600MHz CQDL 11/88 Pp. 680-682