

POLLAK School of
Electronics

Egyszerű oszcillátor 23 cm-es transzverterekhez

Low cost oscillator for 1296 MHz transverters

Nagy Gyula

HA8ET@pollak.sulinet.hu

Az UHF- és SHF transzverterek oszcillátorainak frekvenciastabilitásának biztosítása nehezen megoldható feladat. Drága TCXO-k és termosztátok helyett most egy jól bevált, egyszerű, könnyen elkészíthető áramkört ismertetünk. Kis méretei miatt utólag is beépíthetjük meglévő transzverterünkbe. Ezen az egyszerű áramkörön bemutatjuk a fáziszaj mérését, speciális fáziszaj-mérők helyett, viszonylag olcsó, "portable" spektrumanalizátorokkal.

A legtöbb transzverterben az **1. ábrán** látható, vagy ehhez hasonló, földelt gates FET oszcillátort alkalmaznak [1, 2,]. A hőmérsékletváltozások hatására, a 96 MHz-es kvarcok felsokszorozott jeleinél jelentős frekvenciaváltozások tapasztalhatók. Drága, 5 ppm-es KVG gyártmányú kvarcok sem oldják meg a problémát, mert az oszcillátor többi elemének is közel nulla hőfoktényezőjűnek kell lennie. Egy meglévő transzverterbe utólag igen nehéz feladat precíziós termosztát beépítése. Ezért célszerű egy új oszcillátort építeni. Először a **2. ábrának** megfelelően, az eredeti oszcillátort átalakítjuk háromszorozónak. Kivesszük a kvarcot és az L_X induktivitást. Ezután a fokozatot a FET source elektródján vezéreljük, egy külső 32 MHz-es jellel. Legtöbbször a kimeneti rezgőkört sem kell újra hangolni az átalakítás után.

Ezután készítsük el a **3. ábrán** látható oszcillátort. Lehet, hogy sokan meglepődnek, de a drága TCXO (vagy OCXO) helyett egy ± 50 ppm-es, közönséges 32 MHz-es PXO-t (clock oscillator) alkalmazunk. Frekvencia stabilitásuk általában kedvezőbb, mint a házilag készített kristályoszcillátoroké, csupán a frekvencia pontosságuk nem megfelelő. Ezen könnyen segíthetünk, a tápfeszültség változtatásával. Az LM317L típusú feszültségstabilizátor kimeneti feszültsége az adott kapcsolásban kb. 3 V... 6 V között változtatható. 3 V alatt a rezgés bizonytalanra válhat, 6 V felett pedig a PXO túlmelegedhet és károsodhat. A legtöbb PXO ezen feszültséghatárok között beállítható a pontos 32,000 MHz-es értékre. A C4-es trimmerkondenzátorral tudjuk beállítani a szükséges kimeneti jelszintet. A panel rajzai a **4.** és az **5. ábrán** láthatók. A panelbe beforsaszthatunk egy IC foglalatot, és akkor a rendelkezésre álló PXO-k közül kiválaszthatjuk a legpontosabb frekvenciáját.

A kész áramkört helyezzük el a transzverter dobozában, és vékony koaxiális kábelon vezessük a jelet az átalakított oszcillátor input kapcsaira. A C4 trimmer értékét addig növeljük, amíg el nem éri a lokálág kimenő jele a maximumot. Ezután kb. 10... 15 %-kal csökkentjük a jelszintet, a túlvezérlések elkerülése végett. Megfelelő frekvenciamérő hiányában egy ismert frekvenciájú jeladó megfigyelése közben, a P trimmerpotencióméterrel beállíthatjuk a pontos frekvenciát.

1296 MHz-en gyakran a szabadban kell elhelyezni a transzvertert, minél közelebb az antennákhoz. Én éveken keresztül dolgoztam az árbocon elhelyezett, a fent leírt módon átalakított transzverterrel. A frekvenciaváltozás 3 kHz-nél kisebb volt a nyári és a téli időszak között. Hideg állapotban történő bekapcsolás után, 2... 3 perc alatt elérte az oszcillátor a névleges frekvenciáját, és utána stabil maradt [3].

A kísérleti oszcillátor elkészítése után tartottam tőle, hogy a digitális technika céljaira kifejlesztett PXO áramkör fáziszaja és jeltisztasága majd zavaró jeleket kever a vételi sávba. Szubjektív megfigyelésekkel semmi különbséget nem tapasztaltam az eredeti 5 ppm-es, 96 MHz-es KVG kristállyal felépített oszcillátorhoz képest. Hitetlenkedéseim miatt ezért méréseket végeztem az áramkörön [4], amelyek eredményeit most bemutatom.

Az első méréseket a régebbi kiadású, de alacsonyabb saját zajú, HP 8591-es analizátorral végeztem. A **6. ábra** a PXO kimeneti jelspektrumát mutatja 200 MHz-ig, (a C4 maximumra van állítva). A kimenőjel spektruma olyan, mint egy szokásos szinuszos oszcillátornál. A páratlan felharmonikusok sokkal intenzívebbek, mint a párosak.

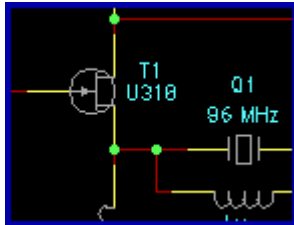
Ezután következett a fáziszaj mérése. Ezt a jellemzőt már 1966-ban matematikailag definiálta *D. B. Leeson* [5], de sokáig csak a professzionális vevőbemenetek tervezői foglalkoztak a problémával [6, 7, 8, 9]. A rádióamatőr készülékek tervezésénél többnyire figyelmen kívül hagyták azt a tényt, hogy a zajos oszcillátor nagymértékben lerontja a vevőkészülékek jellemzőit. 1987-ben DJ7QY megmérte számtalan gyári készülék fáziszaját [10], és eléggé elszomorító eredményre jutott. Sajnos néhány kivételtől eltekintve ma sem sokkal jobb a helyzet. A mi kísérleti oszcillátorunk fáziszaja a **7. ábrán**, a referenciának tekintett 96 MHz-es oszcillátor fáziszaja pedig a **8. ábrán** látható, HP 8591-es analizátorral mérve. Az analizátor START frekvenciáját az oszcillátor névleges frekvenciájára állítottuk, a SPAN-t pedig 100 kHz-re. Ezután bekapcsoltuk a MARKER NOISE funkciót, majd a MARKER SEARCH üzemmódban minden mérésnél, a névleges frekvenciánál 50 kHz-cel magasabb frekvenciát ($f_{\text{OFFSET}}=50 \text{ kHz}$) állítottunk be. Az attenuátorral 0 dBm alá csökkentettük az analizátorra jutó jel nagyságát. Ha az $f_{\text{OFFSET}} > \text{RES BW}$, és az analizátor saját fáziszaja legalább 10 dBm/Hz-cel a mérendő oszcillátor zaja alatt van, akkor elfogadható pontosságú a mérés [8, 9, 11-14]. A kapott görbék azonosak a rendkívül drága, fáziszaj-analizátorokkal végzett mérések jelleggörbéivel. A sokszorozás mindig rontja a fáziszajt, ezért 1152 MHz-en is összehasonlítottuk a két oszcillátort. Ennél a mérésnél egy HP ESA L-1500 típusú analizátort használtuk (**9. és 10. ábra**).

Az itt leírt mérési módszerrel közepes árfekvésű, illetve olcsóbb spektrumanalizátorokkal is elfogadható pontossággal meghatározhatjuk a gyakorlatban előforduló oszcillátorok fáziszaját. Természetesen referencia oszcillátorok és OCXO-k méréséhez ez a megoldás nem megfelelő, de ilyen mérések igénye fel sem merül a szerviz- és a rádióamatőr gyakorlatban.

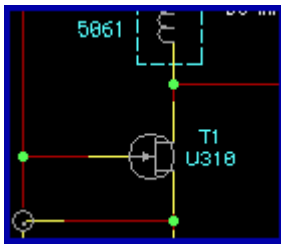
A mérési eredményekből látható, hogy a kb. 30 DM-ért kapható, 5 ppm-es KVG kvarccal megépített oszcillátor fáziszaja alig valamivel kedvezőbb, a vizsgált PXO fáziszajánál! Ezek az értékek gyakorlatilag megegyeznek egy FT-726, vagy más hasonló kategóriájú rádió fáziszajával. Olcsó, vagy közepes kategóriájú rádiókhoz kapcsolt transzverterek esetében tehát felesleges pénzkidobás, a vizsgált PXO-nál sokkal kisebb fáziszajú oszcillátort alkalmazni. A HA8ET-036 jelű oszcillátor áramkör nagyjából egy precíziós kristály árából előállítható, annál kedvezőbb frekvenciastabilitás mellett, termosztát és hőkompenzálás alkalmazása nélkül is.



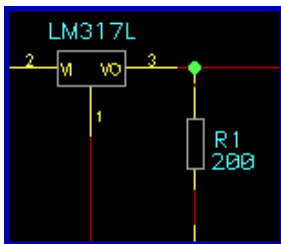
Ábrák



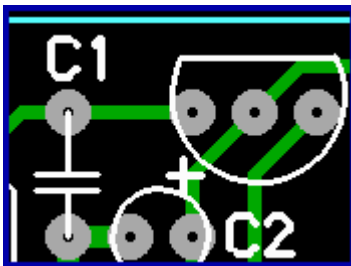
1. ábra Az eredeti tranzverter 96 MHz-es oszcillátora



2. ábra Az átalakított 96 MHz-es oszcillátor rajza



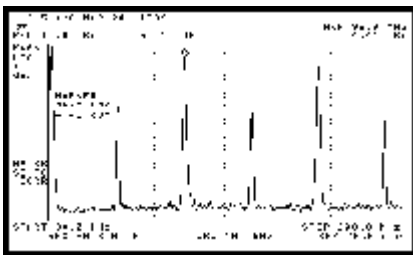
3. ábra A HA8ET-036 PXO kapcsolási rajza



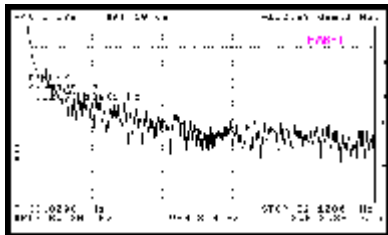
4. ábra Az oszcillátor beültetési rajza (T-Silk)



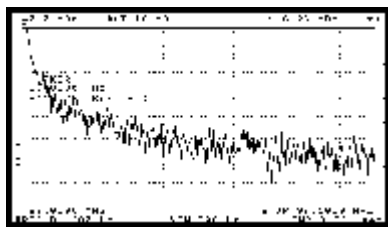
5. ábra Az oszcillátor PCB rajza. Bottom oldal, M=2:1



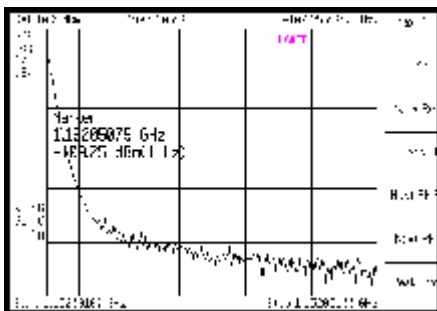
6. ábra A 32 MHz-es PXO kimeneti jelspektruma 200 MHz-ig ábrázolva (HP-8591)



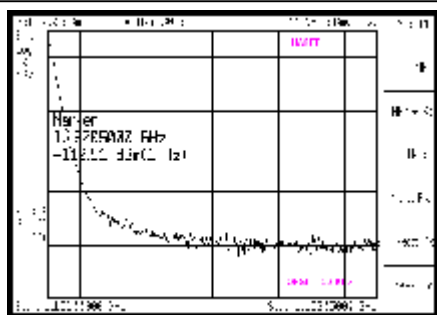
7. ábra A PXO fáziszaja 32 MHz-en mérve, $f_{\text{OFFSET}} = 50$ kHz (HP-8591)



8. ábra Az eredeti oszcillátor fáziszaja 96 MHz-en mérve, $f_{\text{OFFSET}} = 50$ kHz (HP-8591)



9. ábra A PXO fáziszaja sokszorozás után, 1152 MHz-en mérve (HP ESA L-1500A)



10. ábra Az eredeti 96 MHz-es oszcillátor fáziszaja sokszorozás után, 1152 MHz-en mérve (HP ESA L-1500A)



A mérésekhez felhasznált műszerek:

-HEWLETT PACKARD HP-8591 hordozható spektrumanalizátor
-ESA L-1500A hordozható spektrumanalizátor
-HP 82341 típusú HP-IB Interface kártya
-HP E-4444A "BenchLink Spectrum Analyzer" adatfeldolgozó program

Mérési eredmények:

		32 MHz PXO	96 MHz kristály
P_{OUT} [dBm]	f_0	+10	+6
	96 MHz	+4	+6(f_0)
Fáziszaj [dBm/1Hz]*	f_0	112,53	116,26
	1152 MHz	109,25	112,5

* $f_{OFFSET}=50$ kHz

Anyagjegyzék:

PXO	IQD IQXO-500C
IC1	LM317L
C1	100 nF RM 5 mm
C2	1 uF tantál RM 2,5 mm
C3	100 pF kerámia RM 2,5 mm
C4	2-30 pF PHILIPS trimmer 7,5 mm
R1	220 Ω 0,25 W fémréteg
R2	560 Ω 0,25 W fémréteg
R3	50 Ω 0,25 W fémréteg
P1	100 Ω PIHER PT10V



Irodalomjegyzék

1.	Gerd Wehrhahn (DD9DU): 23-cm-Empfangsmischer für 2-m- oder 10-m-Zwischen-frequenz mit passender Frequenzaufbereitung. CQ-DL 8/86, S. 455.
2.	Michael Kuhne (DB6NT): 1,3-GHz-Lineartransverter. CQ-DL 5/93 S. 313.
3.	Nagy Gyula (HA8ET): Olcsó, nagy stabilitású oszcillátor 432 MHz-re és 1296 MHz-re. Rádiótechnika Évkönyve 1997., pp 201- 204.
4.	Nagy Gyula (HA8ET): Oszcillátorok fáziszaja. Rádiótechnika Évkönyve 2000., pp 201- 209.
5.	D. B. Leeson: A Simple Model of Feedback Oscillator Noise Spectrum. Proceedings of the IEEE, 1966. pp 329-330.
6.	Dipl.Phys.Ing. B. Neubig (DK1AG): Design of Crystal Oscillator Circuits. KVG (Spec. Issue of VHF Communications 3/79, 4/79.
7.	GEC PLESSEY Semiconductors: AN-156-2. Intermodulation, Phase Noise and Dynamic Range. Sept. 1993.
8.	U. L. Rohde: Synergy Microwave Corporation: A High-Performance Fractional-N Synthesizer. QEX July/Aug 1998.
9.	C. Moore, B Kopp: Phase and Amplitude Noise Due To Analog Control Components. Microwave Journal Dec. 1998. pp 64-72.
10.	Claus Neie (DL7QY): Seitenbandrauschen bei Amateurfunkstationen. Teil II. DUBUS Magazin 3/87.
11.	Hewlett Packard: Spectrum Analysis. Application Note 150, 5952-1292 Nov. 1989.
12.	Hewlett Packard: HP ESA L1500A Spectrum Analyzer Programmer's E4411-90003
13.	Hewlett Packard: HP 82335, 82340 & 82341 HP-IB Installation Guide for HP I/O Libraries E2094-90012
14.	Hewlett Packard: HP E-4444A BenchLink Spectrum Analyzer Getting Started Guide E-4444-90001

További információk a szerzőtől:

Nagy Gyula, HA8ET

Muskátló u. 4.

H-6600 Szentes

E-Mail: HA8ET@pollak.sulinet.hu