

PLL VCO za frekvence do 6GHz z družino integriranih vezij ADF415X

Avtorja: Bojan Majhenič S52ME, Branko Zupan S57UZU
email: bojan.majhenic@gmail.com, branko.zupan@triera.net

Pri do sedaj predstavljenih projektih za delo preko satelita QO 100 sem uporabil kar nekaj sklopov izjemno stabilnih in natančnih generatorjev zelene frekvence sinhronizirane z 10MHz referenčnim generatorjem. Ta je bil v večini primerov GPS oziroma 10MHz TCXO. Vse te že narejene sklope sem kupil. Problem je vedno nastal pri dobavljivosti le teh.

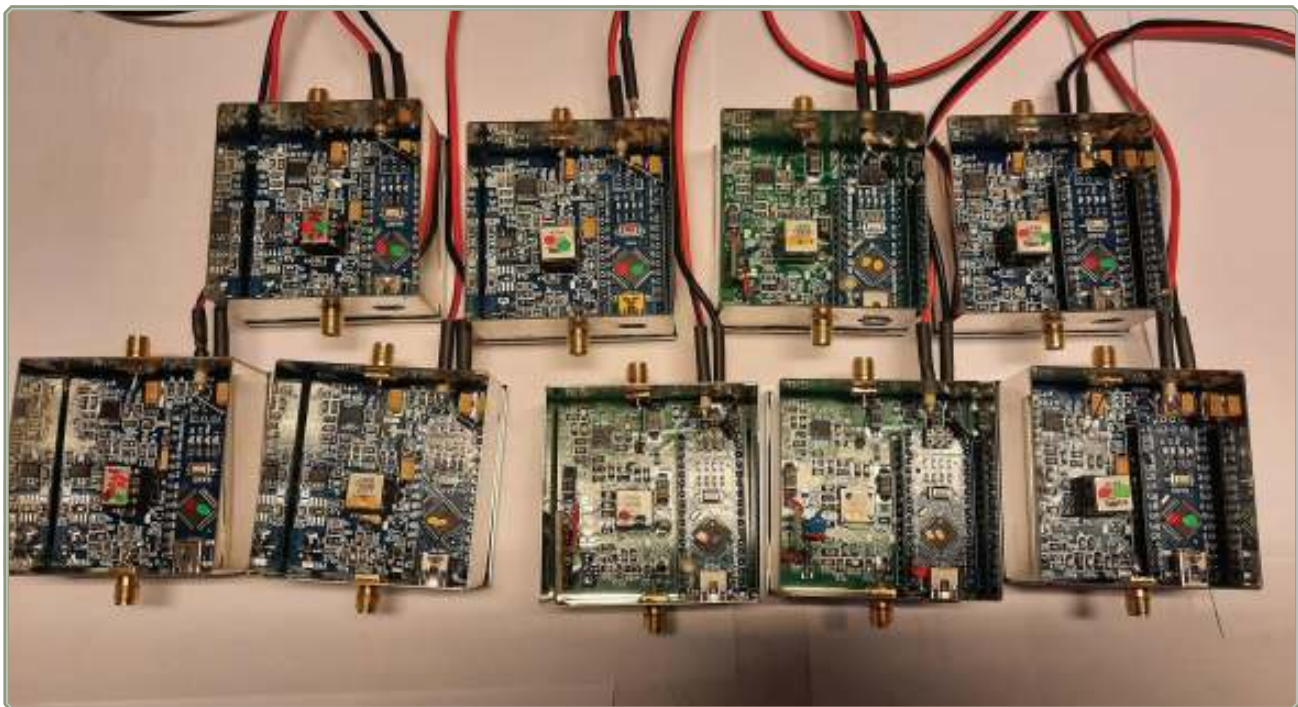
Ravno zaradi tega sem si zadal izziv, zakaj tak generator ne bi napravil kar sam. Kot vedno v takih primerih, sem mnogo predlogov, kako se da rešiti, našel izključno na internetu, ki je dostopen nam vsem. Na svoji spletni strani ima DF9NP javno objavljenih kar nekaj shem povezanih s takimi generatorji frekvence. Kar nekaj podobnih projektov je bilo objavljenih v DUBUS u in drugih radioamaterskih glasilih. Povezal sem se z Brankom S57UZU in tako je v dobrih dveh mesecih nastal projekt namenjen nam radioamaterjem.

Osnova za vse izpeljanke tega projekta se vrti okoli družine integriranih vezij proizvajalca Analog

Devices, ADF415X, katere tehnični podatki – napotki (Data Sheet) za izdelavo so objavljeni na spletni strani proizvajalca.

Iz teh podatkov je razvidno, da ostaja velika družina teh namenskih integriranih vezij, ki imajo eno skupno lastnost, da so priključki na istih mestih (PIN compatible), kar daje še večjo uporabno vrednost celotne zamisli. Ta integrirana vezja so: ADF4110, ADF4111, ADF4112, ADF4113, ADF4106, ADF4153, ADF4154, ADF4156 in ADF4157

Na osnovi samih tehničnih zahtev, sem se odločil da uporabim ADF4153, ki omogoča generacijo



frekvenc do 3GHz in korakom 10kHz in ADF4157, ki deluje do 6GHz in s korakom 0,2980Hz!! Za obe omenjeni vezji velja, da se ju da enostavno nabaviti, bodisi preko ebaya ali preko domačih trgovin z elektronskim blagom.

S primernim VCO-jem (napetostno krmiljenim oscilatorjem) in ustreznimi delilniki se da tako napraviti generator frekvence, praktično poljubne frekvence do 6GHz. V samem projektu so uporabljeni standardni VCO iz mobilne telefonije, ki so za nas radioamaterje izjemno uporabni, jih je enostavno nabaviti in so zelo poceni. Veliko paleta podobnih VCO-jev proizvajajo tudi drugi proizvajalci, samo da so le ti mnogo dražji.

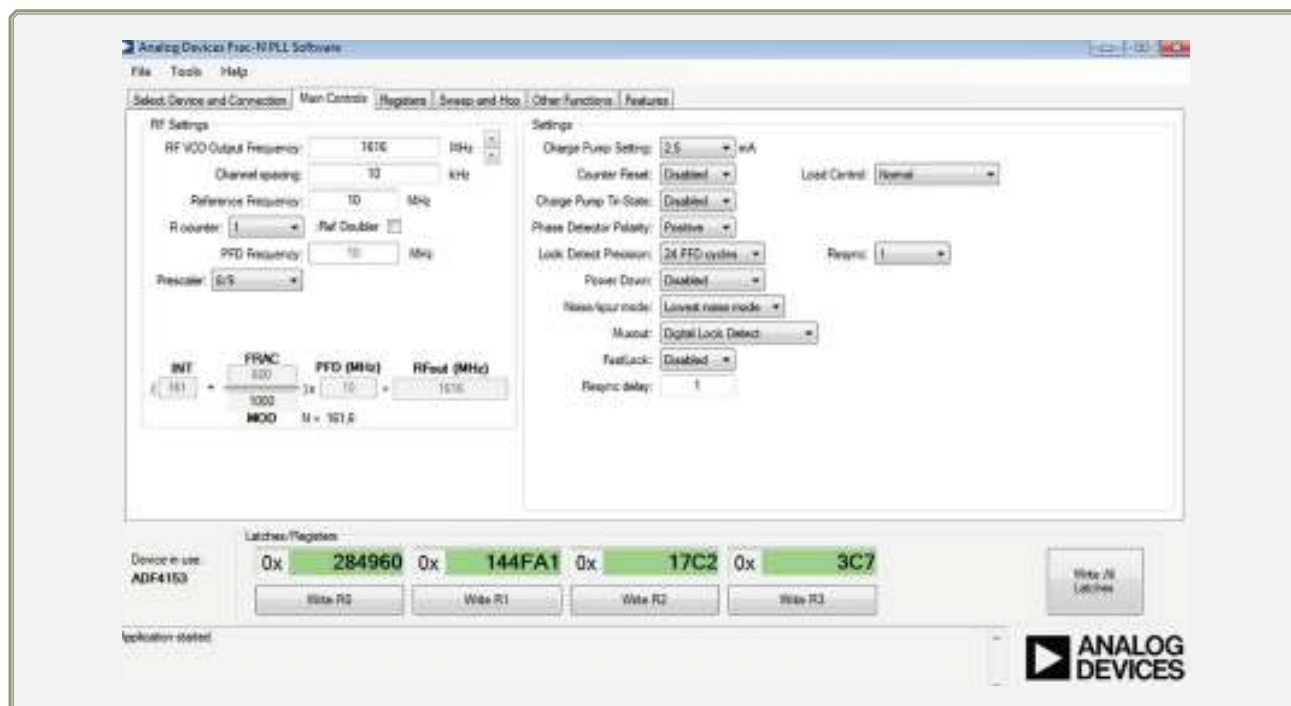
Večje težave so se tekom projekta pojavile s hitrimi delilniki, ki so bili uporabljeni za delitev na želeno frekvenco. Vsi uporabljeni delilniki imajo to lastnost, da imajo enako velikost, oziroma so PIN kompatibilni. Kar nekaj časa sem porabil za to, da sem ugotovil, da nekateri delilniki serije MC12080 nimajo takih električnih karakteristik kot jih navajajo tehnične specifikacije. Za MC12080 se navaja, da deli z 10, 20, 40, 80 v odvisnosti kako imamo priključena njihova interna stikala. Na ebayu sem nabavil vezja z isto oznako so očitno ponaredki in delijo s 4 in 8. Kar nekaj časa sem porabil za to, da sem ugotovil, kako se dajo tudi ti uporabiti. Ravno zaradi te izkušnje sta na tiskanini predvideni dve mesti delilnikov vezani v serijo.

Sama tiskanina nam omogoča s primernimi kratko spojniki izhod direktno iz samega oscilatorja, oziroma premostitev enega delilnika.

Že od vsega začetka mi je osebno bila neznanka, kako ADF415X vezja sprogramirati na želeno frekvenco. Povezal sem se z Andrejem S57NML. Povedal mi je, da za mikrovalovne projekte, radioamaterji uporabljajo komercialne NORT module, ki imajo vgrajena integrirana vezja ADF4153 in se krmilijo z Adruinom. Ta informacija, da obstaja program za omenjen mikrokontroler je bila odločilna, da je nastala električna shema tega projekta. Na osnovi te sheme, je Branko z mojimi sugestijami izdelal dvostransko tiskano vezje, katere prototip mi je tako kot vedno po foto postopku, enkratno napravil Boštjan S57P. Izjemo dobri so tudi napotki proizvajalca Analog Devices, kako napraviti tiskanino za ADF4157. Kar nekaj časa je trajalo, da je vse delovalo tako kot treba, nastali so novi popravki, sheme in pa tiskanina za izdelavo pri Kitajcih.

Preizkušeni so bili razno razni VCO-ji in pa delilniki frekvence v različnih kombinacijah. Na koncu je bilo izgotovljenih s prototipom 10 delujočih VCO-jev različnih frekvenc od 404MHz, 25,788.461.55 MHz, 40MHz in še mnogih drugih, pa še sam testni modul za preizkus VCO-jev z ADF4153.

Prva vezja so bila programirana s čipom ADF4153, s programom, ki mi ga je posredoval Andrej S57NML.



Je bilo kar nekaj težav uskladiti vse parametre z vgrajenim VCO-jem, programskim paketom od Analog Devices. Program se da sneti na: <http://www.analog.com/en/products/clock-and-timing/phase-locked-loop/fractional-n-pll/adf4153.html>.

V program za Arduino, katerega je avtor OE2IGL, je potrebno vpisati ustrezne štiri registre za želeno frekvenco, ki jo dobimo po deljenju. Referenčna frekvenca je bila v vseh primerih 10MHz. (GPS, TCXO). Primer za 404,000.000MHz, frekvenca za lokalni oscilator transverterja 28/432MHz. VCO deluje na 1616,000.000MHz. Uporabimo delilniki s 4 (lahko uporabimo ponaredek MC12080).

V program Arduina za programiranje ADF4153, v pravilno vrstico vpišemo štiri registre:

```
uint32_t registers [4] = {0x284960, 0x144FA,
0x17C2, 0x3C7};
```

Podobno je pri programiranju ADF4157 vezja, le v začetnem meniju izberemo program zanj. Primer za frekvenco LNB QO 100 25,788.461,55MHz (x 390 = 10.057.500 GHz) delilnik s 64 VCO je 1650,461.539MHz

V program Arduina za programiranje ADF4157, v pravilno vrstico vpišemo pet registrov:

```
uint32_t registers [5] = {0x305285E8, 0xBE0001,
0x7408002, 0x43, 0x4};
```

Program za programiranje ADF4157 čipa je bil največja neznanka. Pa je prišel spet na pomoč internet.

Preko e-pošte sem se povezal z Geraldom OE2IGL, ki je napisal program za ADF4153. Zvečer sem mu poslal prošnjo, če mi lahko pomaga pri programiranju ADF4157. Zjutraj me je na elektronski pošti že čakal program. Napisal mi je, da še ni delal s čipom ADF4157, da bi pa program moral delovati. Takoj sem z njegovim programom sprogramiral Arduinota. Veselje je bilo neizmerno, ko se je prižgala LED-ica ADF4157 čipa za LOCK. Gerald sem takoj odpisal in se mu zahvalil. Ob tej priliki se mu za hitro strokovno pomoč javno ponovno zahvaljujem.

Program do ADF Frac-N PLL Software omogoča ogromno nastavitev. Zelo uporaben pri zagonu je podmeni Muxout. Preko njega lahko enostavno

preverimo komunikacijo s PLL ADF514X vezjem tako, da z izbranimi parametri na izhod Muxout priključka 14 na katerem je LED-ica, le to krmilimo. Prav tako je zelo uporaben podmeni Phase Detector Polarity. Z njegovo pomočjo lahko preverimo delovanje izhoda krmiljenja VCO-ja.

Na podoben način lahko z ustreznim VCO-jem in primernim delilnikom sprogramiramo poljubno frekvenco do 6GHz sinhronizirano z referenčno frekvenco 10MHz. Sama univerzalna shema in pa tiskanina omogočata uporabo generatorja frekvence v mnogih radioamaterskih projektih – radijske svetilnike z natančno frekvenco, transverterjih, pa še pa še.

Izhodna moč po prehodu iz ustrezno izbranega izhodnega filtra znaša okoli 5 do 10mW. Izhodno pet polno sito za izbrano frekvenco lahko izračunamo s pomočjo e naslova: <https://rf-tools.com/lc-filter/>.

Nekaj uporabljenih VCOjev

Samo univerzalnost tiskanega vezja, omogoča tudi uporaba 8 pinskega podnožja za različne VCO-je. Sami VCO oscilatorji iz programa GSM se dajo po svojih dimenzijah in enaki razporeditvi priključkov enostavno prispajkati na 8 pinska podnožja, kar še povečuje univerzalnost celotnega projekta.

Pri sami izdelavi sem premeril kar nekaj VCO-jev, v glavnem od proizvajalca Murata. Za to sem napravil poseben testni sklop na isti tiskanini, kjer sem izpeljal preko činč konektorja iz ohišja napetost, ki krmili iz ADF415X vezja VCO. V pogledu krmiljenja VCO obstajata dve verziji, pri enih z naraščajočo krmilno



napetostjo frekvenca VCO narašča, pri drugih pada. To moramo pravilno nastaviti v programu ADF, »Phase Detect Polarity«. Spodnja frekvenčna meja VCO je pri okoli 0,5V zgornja pri 4,5V krmilne napetosti iz ADF vezja.

Zelo je uporaben GSM modul, z VCO 191 – 3556U, ki deluje od 1560MHz do 1670MHz

Z delilnikom s 4 se da uporabiti za 404MHz, z delilnikom s 64 pa za vse frekvence okoli 25MHz, zelo lepo se da prispajkati tudi na 8 pinsko podnožje.

Za frekvence okoli 25MHz in delilnikom 40 je primeren VCO MQE511-1019, deluje v frekvenčnem pasu od 960MHz do 1050MHz in se da najlepše prispajkati v 8 pinsko podnožje.

Zanimiv je bil preizkus, kako podnožje vpliva na delovanje celotnega sklopa. Celoten PLL deluje pri 1GHz še z dodatnimi petimi podnožji.

Uporabljeni visokofrekvenčni delilniki

Kot sem že omenil, mi je ta del projekta vzel največ časa. Napraviti je bilo potrebno posebne majhne tiskanine za preizkuse. Ogromno meritev sem opravil na razno raznih PIN kompatibilnih delilnikih. Ugotovil sem, da je pri nekaterih tipih zgornja frekvenčna meja zelo visoka, preko 2,5GHz in so tudi izjemno občutljivi.

Nabavil in preizkusil sem mnogo delilnikov, ki delijo z 2, 4, 8, 10, 16, 20, 32, 40, 60, 64, 80, 128 in 256. Med drugimi so to naslednji: MC12080, MC12080 ponaredek, MC12093, MC12095, MC12033, MC12093, UPB1505, PMB2312. Podatki kako kateri deli so razvidni iz proizvajalčevih podatkov.

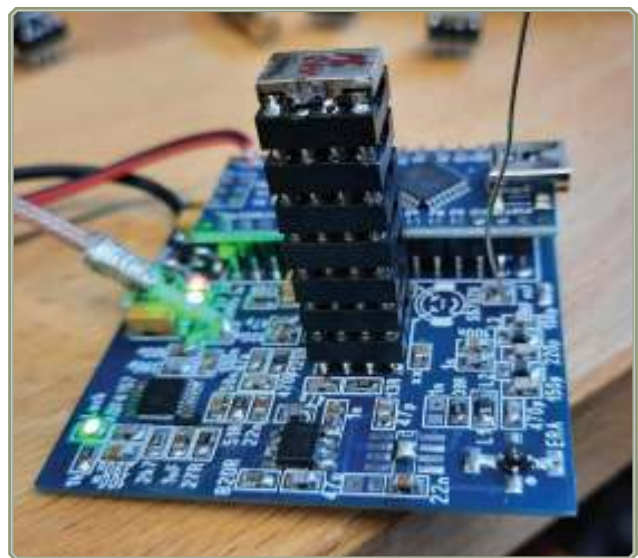
Na osnovi vseh vmesnih preizkusov je nastala končna univerzalna električna shema PLL ADF415X in pa ustrezna tiskanina zanjo. Le to so v rekordnem času 9 dni izdelali Kitajci. Kvaliteta izjemna! Pravi užitek je spajkati SMD komponente na tako izdelano tiskanino.

Referenčni oscilator 10MHz, od katerega so odvisne tehnične karakteristike izhodnega signala, je v pretežni meri odvisna od točnosti, stabilnosti in faznega šuma le tega. Preizkušeni je bilo kar nekaj takšnih oscilatorjev. Najbolje se je izkazal GPS Leo Bodnar, ki ga uporablja veliko radioamaterjev. Je enkrat pa tudi drag.

Iz navedenega izhaja nov projekt, izdelava 10MHz VTCXO krmiljenega z GPS signalov. Branko S57UZU je napravil projekt, ki ti prikaže QTH lokator z GPS modulom NEO6. S pomočjo spletnega brskalnika pa sem našel kar nekaj tehničnih rešitev, ki bi se dale napraviti v domači radioamaterski delavnici. Projekt je v začetni fazi. Z Brankom S57UZU sva uskladila električno shemo, Branko je narisal osnutek tiskanine, jaz sem dodal še moje popravke, dvakrat natisnil podlogo za foto postopek z laserjem



Nekaj preizkušenih VCO-jev, prispajkanih na 8 pinska podnožja



PLL deluje še z dodatnimi petimi podnožji

