

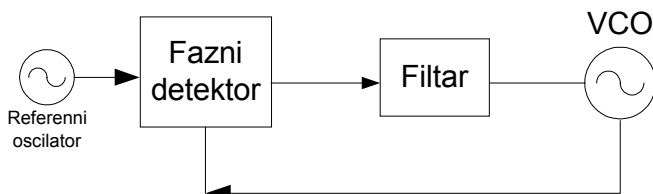
SINTEZATOR ZA L-BAND SA VELIKOM REZOLUCIJOM

Predrag Manojlović, Nebojša Pupavac, Miloje Zečević
 Institut IMTEL, Novi Beograd

Sadržaj – U ovom radu su analizirane tipične realizacije i karakteristike sintezatora učestanosti na L-bandu, koji koriste fazne petlje i različite referentne oscilatore. Dat je i predlog realizacije sintezatora koji koristi direktnu digitalnu sintezu za postizanje visoke rezolucije bez značajne degradacije faznog šuma.

1. UVOD

Sintezatori učestanosti su osnovni deo svih bežičnih sistema. Pored mikrotalasne i RF komunikacione opreme sintezatori su sastavni deo većine mernih instrumenata i test opreme.

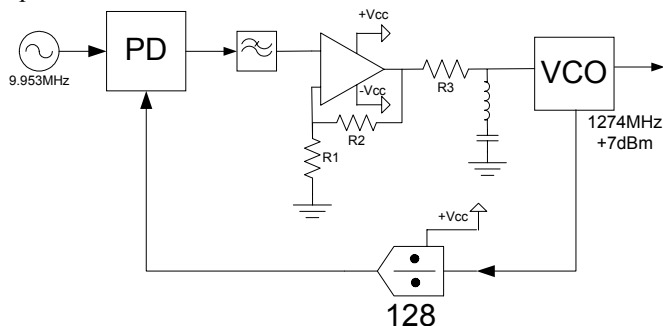


Sl.1. Osnovna blok šema PLL-a

Lokalni oscilatori u savremenim komunikacionim uređajima se najčešće realizuju kao fazne petlje (PLL, Sl.1.), koje se koriste u prijemnicima i predajnicima, za konverziju (naniže i naviše), u sklopu demodulatora i modulatora. Kod savremenih tipova modulacija zahtevi za realizaciju faznih petlji postaju sve strožiji u pogledu faznog šuma, stabilnosti i potreba za izborom što većeg broja kanala. Pored navedenih karakteristika za neke primene od interesa je i vreme akvizicije, frekvencijski opseg, što bolje potiskivanje špuriusa i svih neželjenih signala, zatim vreme uspostavljanja, opseg držanja i opseg hvatanja petlje.

2. LOKALNI OSCILATOR NA 1274MHz

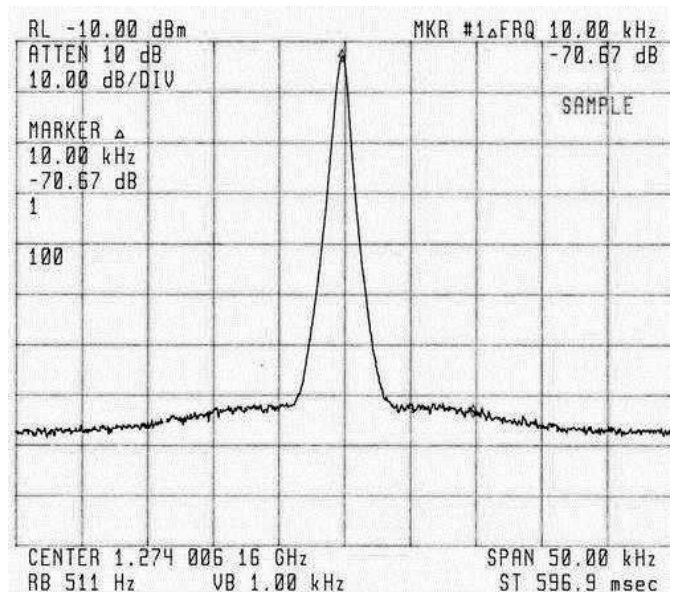
Lokalni oscilator na 1274MHz (Sl.2.), koji se koristi u direktnom kvadraturnom (QPSK) modulatoru, realizovan je kao PLL petlja tipa 1 višeg reda, kako bi se postigao optimalan fazni šum.



Sl.2. Blok šema Lokalnog oscilatora na 1274MHz

Sastoji se iz digitalnog fazno-frekvencijskog komparatora, referentnog kristalnog oscilatora, delitelja učestanosti i naponski kontrolisanog oscilatora (VCO firme MiniCircuits).

Realizacijom referentnog kristalnog oscilatora na oko 10MHz, pažljivim izborom komponenti i dizajnom 'Loop' filtra postignut je solidan fazni šum (Sl.3.), kao i dobro potiskivanje špuriusa.

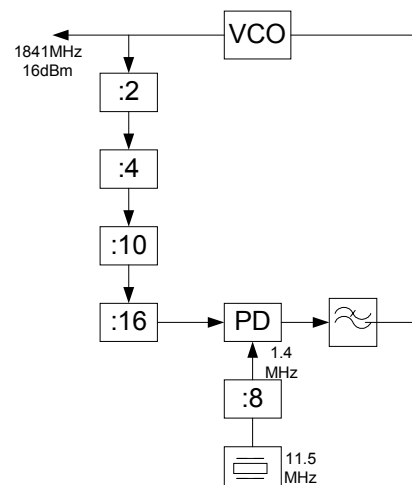


Sl.3. Izgled spektara lokalnog oscilatora na 1274MHz

Osnovni problem ovakvog dizajna fazne petlje je izbor radne učestanosti, koji se praktično ostvaruje promenom reference, dok bi promenom faktora deljenja imali jako grubu rezoluciju. Međutim, ovakav tip PLL-a je vrlo masovan u primeni zbog niske cene upotrebljenih komponenta.

3. LOKALNI OSCILATOR NA 1840MHz SA IZBOROM KANALA

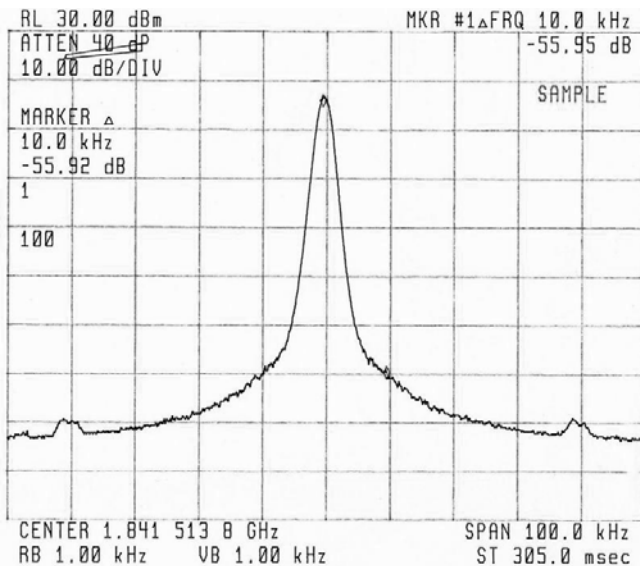
Analiziran je oscilator, koji koriste radio-relejni uređaji starije generacije, koji je takođe realizovan pomoću PLL petlje.



Sl.4. Blok šema oscilatora na 1840MHz

Da bi se postigla finija rezolucija pri izboru učestanosti VCO-a potrebno je smanjiti učestanost reference, što je izvedeno tako što se signal reference vodi na delitelj učestanosti (Sl.4.), čime je ostvarena zahtevana rezolucija, odnosno mogućnost izbora radnog kanala.

Problem ovakve realizacije se sastoji u tome što se izlazna frekvencija deli faktorom koji je približno 10 puta veći nego u prethodnom slučaju, što se odražava na fazni šum (Sl.5.), stabilnost petlje i loše potiskivanje špuriusa.

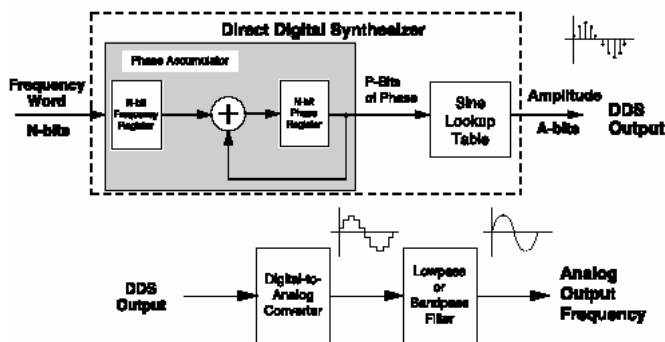


Sl.5. Spektar LO na 1841.5 MHz

Pošto se radi o uređaju koji koristi frekvencijsku modulaciju ovakva petlja je sasvim upotrebljiva, međutim za složenije modulacione postupke (fazne i kvadraturne modulacije) ovakve realizacije lokalnih oscilatora se ne mogu primenjivati.

4. DIREKTNA DIGITALNA SINTEZA (DDS)

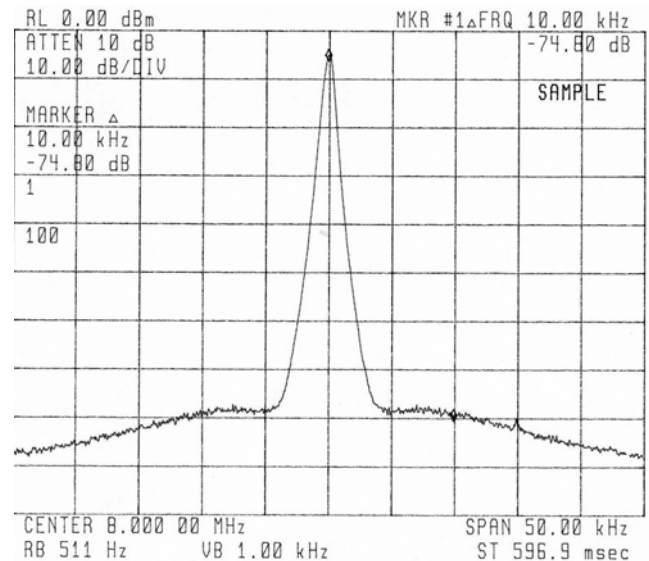
Direktna digitalna sinteza je postupak generisanja izuzetno precizne, harmonijski čiste, digitalne reprezentacije signala, nakon čega se od digitalne reprezentacije pomoću jako brzih DA (digitalno-analognih) konvertora visoke rezolucije dobija analogni signal, tipično sinusoidalnog oblika.



Sl.6. Principialna šema DDS-a

DDS funkcioniše tako što se digitalizovani talasni oblik date frekvencije dobija akumulacijom fazne razlike na višoj učestanosti (Sl.6.). Prema teoriji odabiranja je poznato da je najviša učestanost koja se može generisati $\frac{1}{2}$ učestanosti odabiranja (Nyquist 'rate'), tako da se za tipične dužine faznog akumulatora (32 bita) i takt reda nekoliko desetina MHz, postiže rezoluciju reda 10^{-3} Hz.

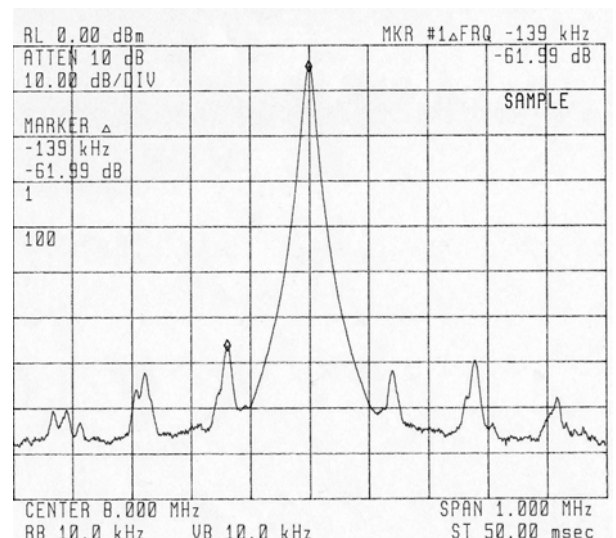
Kvalitet spektara DDS sistema zavisi od više faktora, kao što su: fazni šum oscilatora koji daje takt, broj bita 'lookup' tabele, karakteristika DA konvertora i NF filtra na izlazu. Takođe je značajan uticaj same realizacije štampane ploče, izvora napajanja, kao i raspredanja analognog signala i signala takta.



Sl.7. Spektar signala DDS-a Q2240

Svakako da na fazni šum DDS-a najveći uticaj ima fazni šum signala takta, čiji se uticaj smanjuje deljenjem frekvencije u procesu direktne sinteze, tako da se postiže poboljšanje faznog šuma u odnosu na šum izvora takta za $20 \cdot \log(F_{clk}/F_{out})$, gde je F_{clk} učestanost takta, a F_{out} frekvencija generisanog signala, što je ograničeno kvalitetom delitelja frekvencije. Naravno, tačnost frekvencije takta se propagira kroz DDS postupak, tako da je relativna tačnost takta jednaka tačnosti generisanog signala (20ppm odstupanja F_{clk} će rezultovati kao 20ppm F_{out}).

Na Sl.7. je prikazan spektar signala dobijenog pomoću DDS-a Q2240 (firme Qualcomm), pri čemu je signal takta učestanosti 33MHz generisan pomoću kristalnog oscilatora. Može se zaključiti da je fazni šum ovog sistema jako dobar, što je bilo očekivano.



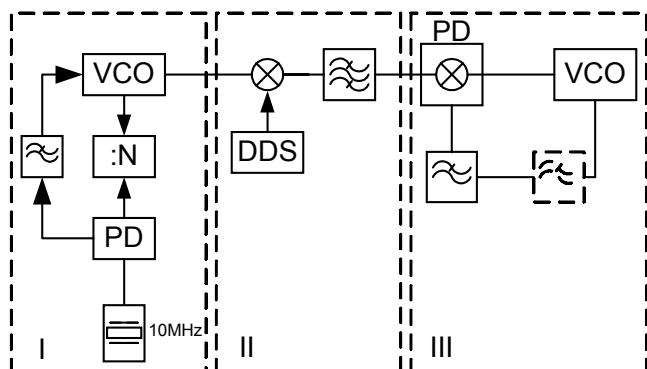
Sl.8. Spektar signala DDS-a Q2240 sa većim SPAN-om

Nedostatak DDS postupka se ogleda u generisanju špuriusa, koji su posledica mešanja signala takta i željene

učestanosti ($F_{spur} = M * F_{clk} \pm N * F_{out}$), kao i nesavršenosti DA konvertora. Kako digitalne reči imaju konačnu dužinu na izlazu DA konvertora će postojati karakterističan šum kvantizacije, takođe zbog nesavršenosti DA konverzije pojavljuju se i 'glitch'-evi koji mogu biti izvor špuriusa. Ukoliko posmatramo malo šire spektar signala dobijenog pomoću DDS-a (Sl.8.), možemo uočiti prilično bliske špuriuse koje je teško eliminisati filtrima.

5. LOKALNI OSCILATOR SA DDS I DVOSTRUKOM PLL PETLJOM

Pored očiglednih prednosti, da bi se direktna digitalna sinteza masovnije koristila potrebno je rešiti problem visokog nivoa špuriusa.



Sl.9. Blok šema sinteze pomoću DDS-a

Kako je maksimalna učestanost DDS ograničena na oko 40% F_{clk} , standardne realizacije oscilatora na visokim učestanostima, koji koriste DDS, podrazumevaju visok faktor umnožavanja, što dodatno degradira i tako visok nivo špuriusa. Pored umnožavanja koriste se i heterodinski postupci, koji takođe imaju nedostataka, zbog čega DDS nije preterano popularan za pomenute primene.

Na Sl.9. prikazan je heterodinski postupak sinteze gde se signal na učestanosti oko 1GHz dobijen pomoću PLL-a (kao u primeru sa Sl.2.) množi sa signalom iz DDS-a. Pomoću balansnog diodnog mešača izdvaja se željeni signal, koji se propušta kroz (prilično širok) filter propusnik učestanosti (BPF). Signal iz BP filtra se dovodi na fazni detektor PLL-a koji treba da se sinhroniše na željenu učestanost i eliminiše špuriuse generisane u postupku digitalne sinteze.

Treba napomenuti da fazni detektor izlaznog PLL-a radi na jako visokoj učestanosti, gde je mali izbor digitalnih detektora (HMC430 firme Hittite radi do 1.3GHz), dok bi diodni mešač zahtevao sklop za automatsku kontrolu hvatanja. Svakako je bitan i izbor DDS-a, koji sem visoke rezolucije treba da omogući što veći opseg radnih frekvencija. Signal koji se koristi za 'UP' konverziju DDS

signala treba da ima što bolje fazne karakteristike, što bi se postiglo podizanjem učestanosti reference i kvalitetnijim faznim detektorom (diodni mešač).

U delu šeme III (Sl.9.) nalazi se PLL petlja čiji je zadatak filtriranje izlaznog signala, jer signal dobijen iz dela II sadrži produkte mešanja, kao i špuriuse od DDS-a. Ovakvom jednostavnom petljom, moguće je značajno smanjenje svih neželjenih komponenata, zbog čega je pored 'loop' filtra predviđen jedan širi NF filter, koji nema uticaj na rad petlje već se koristi za dodatno potiskivanje udaljenih komponenata.

6. ZAKLJUČAK

Kako je razvoj digitalnih kola u stalnom porastu, kao i brzina DA konvertora, ideju da se DDS koristi za sintezu visokih učestanosti ne treba odbacivati. U ovom radu je dat predlog blok šeme sintezatora sa DDS-om (Sl.9), koja koristi dobre osobine direktne digitalne sinteze, a PLL petlja na izlazu sintezatora smanjuje nivo špuriusa, koji predstavlja osnovni nedostatak DDS postupka. Zahvaljujući razvoju brzih logičkih kola moguće je na L-Band-u koristiti fazno frekvencijske detektore, tako da nismo ograničeni na primenu analognih PLL petlji. Sama realizacija sintezatora sa DDS i dvostrukom PLL petljom, kao i izbor komponenata, zavisiće od konkretne namene, tako da ne treba isključiti primenu analogne petlje u izlazu sintezatora.

LITERATURA

- [1] Ulrich L. Rhode, "Microwave and Wireless Synthesizers," A Wiley-Interscience Publication, 1997
- [2] "Qualcomm", "SYNTHESIZER PRODUCTS DATA BOOK" 80-24127-1 A 8/97
- [3] "Hittite", "FREQUENCY GENERATION - SMT" Datasheet

Abstract: This paper provides an overview of frequency synthesizers for L-Band. Phase characteristics of different PLL design, with different reference frequency, is discussed and idea of using Direct Digital Synthesizer for improving frequency resolution without phase noise degradation is presented.

SYNTHESIZERS FOR L-BAND WITH FINE RESOLUTION

Predrag Manojlović, Nebojša Pupavac,
Miloje Zečević