

VHF/UHF ANALIZATOR SPEKTRA

Za svakog onog ko želi ozbiljno da se bavi visokim frekvencijama, ovakav uređaj će pre ili kasnije biti potreban. Malo je onih koji imaju zadovoljstvo da poseduju fabrički primerak, upravo stoga što su veoma skupi. No međutim, u samogradnji se može, kako ćemo pokazati, dobiti veoma zadovoljavajuć analizator spektra koji je više nego upotrebljiv u čitavom nizu aplikacija kod gradnje, testiranja, ili servisiranja VF opreme.

Nebojša Kovačević

Bazično, spektralni analizator je specijalan radio prijemnik, koji za razliku od klasičnog, nije podešen na tačno određenu frekvenciju, već se pomera po frekvenciji rapidno od niže ka višoj, u opsegu koji prijemnik dozvoljava. Ovo se generalno radi koristeći tuning sistem kojeg kontroliše DC napon, a zatim koristi niskofrekventni testerasti signal, kojim se pomera frekvencija prijemnika u određenom opsegu.

Najveći broj analizatora spektra su zasnovani na principu superheterodinih prijemnika. Kod njih se ulazni signal dovodi do prvog miksera, gde se meša sa signalom lokalnog oscilatora na uobičajen način, kako bi proizveo „sumu“ i „razliku“ frekvencija. Jedni od njih (najčešće „razlike“), postaju međufrekvencija (IF), čiji se signal odvodi kroz usko-propusni filter pre nego što dođe do detektora.

U normalnom superu, lokalni oscilator bi bio podešen na tačno određenu frekvenciju – obično veću od frekvencije željenog signala, razlikom frekvencija jednakom željenoj međufrekvenciji. Ovde koristimo VCO (naponski kontrolisani oscilator), čija se frekvencija određuje kombinacijom



Izgled završenog uređaja, priključenog na osciloskop.

dva kontrolna napona. Jedan je podešavajući DC napon koji se koristi za podešavanje srednje frekvencije oscilatora, dok drugi predstavlja niskofrekventni AC napon koji ima oblik testere, a koji pokreće oscilator ispod i iznad centralne frekvencije, preko željenog opsega.

Izlaz detektora je normalno proporcionalan snazi prijemnog signala. Stoga, ako se prijemniku rapidno menja frekvencija od najmanje do najveće u veoma kratkom roku, izlaz detektora će varirati shodno snazi svakog od signala na koji naiđe tokom menjanja frekvencije od najmanje do najveće, preko celog željenog opsega. Konektujući izlaz detektora na „Y“ (vertikalni) ulaz osciloscopa, a testerasti signal za promenu frekvencije na „X“ (horizontalnu) osu osciloscopa, možemo dobiti dinamički grafikon svih dolazećih amplituda signala po frekvenciji.

Naravno, selektivnost sistema treba da je dosta velika kako bi analizator uopšte mogao da „razdvoji“ zasebne signale koji su blizu jedan drugom. Prednost upotrebe superheterodinog sistema je u tome što se selektivnost može postići upravo međufrekventnim filterom, jer on stoji fiksno na tjuningu. Laboratorijski analizatori koriste kristalne filtere kako bi postigli veliku selektivnost.

Uzmimo u obzir da bazična šema koju vidimo mora da pretrpi nekoliko izmena kako bismo sagradili praktično upotrebljiv instrument.

Generalno, mora da postoji RF pojačalo pre miksera što će dati analizatoru zadovoljavajući odnos signal/šum i odbijanje neželjenih signala. Ovo znači da promena frekvencije RF pojačala takođe mora biti kontrolisana testerastim signalom, zajedno sa lokalnim oscilatorom.

Kako bismo imali kontrolu nad čitavim opsegom, amplituda testerastog signala koja se ubacuje u VCO takođe mora biti varijabilna. Velika amplituda testerastog signala tjunira VCO preko širokog frekventnog opsega i daje pregled kompletnog banda, dok se smanjenjem njegove amplitude (amplitude testere), redukuje frekventni raspon, zumirajući nama najznačajnije signale za analizu.

Dalje, ulazni atenuator je veoma koristan da spreči pojavu jakih signala i preopterećenje ulaznih kola, kao i međufrekventne filtere čije se vrednosti u širini propusne moći mogu menjati, kako bismo menjali i selektivnost, a naravno, neophodan je i detektor čiji izlaz će varirati logaritmično u odnosu na porast ulaznog signala, zbog merenja i lakšeg upoređivanja određenih signala.

Šematski dijagram

Osnovu našeg analizatora spektra čine dve komponente: prva je varikap VHF/UHF TV tjuner, a drugi je specijalni multifunkcionalni FM prijemni čip. Ove dve komponente čine čitav projekat mogućim, upravo zato što se u njima odvijaju svi RF i IF procesi koji su nam potrebni u ovom pristupu.

Iskorišćen je standardni TV tjuner firme Samsung, model (TECC2989VD28A). Široko je rasprostranjen i može se lako pronaći na tržištu. Naravno, uz manje izmene, moguće je korišćenje bilo kojeg TV tjunera koji menja frekvenciju promenom napona na varikap diodama (ne PLL). Ovde nećemo detaljno objašnjavati ove dve komponente, s obzirom da su nam TV tjuneri već poznati, a podatke o njima kao i poluprovodnicima, možemo lako pronaći u informacijama proizvođača.

Nije lako načiniti filtere između međufrekventnog signala TV tjunera i SA605 detektora, pa smo umesto toga, upotreбили unutrašnje filtere u samom poluprovodniku. Koristili smo njegov mikser/oscilator kako bismo dobili drugu heterodinu konverziju, do standardnog IF-a korišćenog u FM prijemnicima od 10,7MHz. Ovo omogućava izradu dosta efektivnog FM filtera koristeći se sa dva para običnih kristalnih filtera na 10,7MHz.

Drugim rečima, naš analizator je u osnovi superheterodini prijemnik sa dvostrukom konverzijom. Drugi lokalni oscilator radi na frekvenciji od oko 28MHz, odnosno 10,7MHz ispod međufrekventne vrednosti. Ovde smo koristili običan kvarc kristal na 28MHz, jer se lako pronalazi i redovan je u radioamaterskoj radionici (kristal za 10m band). Iako je na šemi prikazan kvarc od 28,045MHz (jednostavno, autor je imao dosta ovakvih kristala u rezervi), on može biti bilo koje vrednosti, od 25,200MHz do 31,200MHz. Zavojnica L2 i kondenzator C17 služe za podešavanje kristala u rezonancu.

Za prilagođenje izlaza međufrekvencije na ulaz oscilatora detektora, koristimo mali transformator L1. On se namotava ručno i podešava sa kondenzatorom C4 i feritnim jezgrom kako bi rezonovao na tačnoj frekvenciji izlaza sa tjunera koji korespondira u ovom slučaju sa korišćenim kristalom od 10,7MHz iznad kristalne frekvencije.

Izlaz sa pina 20, SA605 internog miksera, dovodi se do prvog IF filtera F1. Ovaj je dalje spregnut na drugi filter F2, tako da su ova dva filtera zaslužna za selektivnost analizatora. F1 i F2 su Murata filteri SFE10.7MH, koji se često mogu pronaći u starim TV ili radio prijemnicima. Širina im je 250kHz, na -20dB, sa centrom na 10,7MHz i gubicima od oko 6,5db. Naravno, bilo bi poželjno ovde imati više filtera različite širine, pa ih preklopnikom birati i time određivati željenu selektivnost.

Otpori R4, R5, R6 i R7 služe za postizanje odgovarajuće impedanse između keramičkih filtera. Ovo je neophodno kako bismo dobili optimum iz filtera. Kondenzatori C5, C7, C9 i C10 se koriste za sprečavanje da otpornici poremete unutrašnje pojačanje čipa.

RSSI izlaz (Relative Signal Strenght Indicator) iz kola SA605, pin 7, jeste Y izlaz analizatora koji je skoro savršeno logaritmičan kada je konektovan na uzemljenje preko otpornika od 90K. Ovo je namena otpornika R47 i R48. Kondenzator C28 obezbeđuje niskopropusnu filtraciju, dok S4 uključuje i isključuje kondenzator C29 i time menja širinu rezolucije. Operaciono pojačalo U5a pojačava ovaj signal i odvodi se direktno na Y osu osciloskopa.

Generator testerastog signala

Ovde ćemo kratko opisati generator testerastog signala za podešavanje frekvencije analizatora i X osu.

Generator koristi kolo U4 i dobro znani LM555. Konektovani su kao standardni astabilni oscilator, s tom razlikom što ovde koristimo tranzistor Q1 kao konstantni nizvor napona kako bismo dobili linearniji izlaz. Otpornici R43-R44 i zener dioda Z2 se koriste da održe napon na bazi tranzistora na skoro 5V ispod 28V, tako da je primoran da propusti mali emiter-kolektor napon kako bi izjednačio ovaj napon sa padom napona preko otpora emitera.

Varirajući otpornost u tranzistorskom emitterskom krugu, kontrolišemo njegov napon što obezbeđuje vreme za punjenje kondenzatora za 555 kolo, C40. RV2 samim tim postaje „sweep rate“ našeg analizatora, varirajući frekvenciju testere između 20Hz i 70Hz. Dioda D3 se koristi da obezbedi da napon na pinu 7, U4 ne podigne napon preko 12,6V.

Zbog toga što je napon na kondenzatoru C40 potreban za dve stvari, njegov napon se dovodi do U6a i U6b, obe sekcije LM324. Prva sekcija ima zadatak da pojača signal za X osu osciloskopa. Obezbeđuje testeru napona 8V P-P, što je više nego adekvatno za ulaz X ose svakog osciloskopa.

U6b je takođe povezan kao pojačalo, ali sa promenom pojačanja. Njegov izlaz se koristi za pogon U6d koji je konektovan kao invertujuće pojačalo sa pojačanjem reda tri. Ovo proizvodi invertovani testerasti napon od 12V P-P, koji se dovodi do naponskog delitelja R18-R26 i preklopnika S3a koji kontroliše „sweep width“, ili širinu opsega koju pratimo na ekranu. Amplituda signala selektovana preklopnikom S3a se dalje vodi na invertujući ulaz kola U6c, tjuning napon izlaznog stepena.

Ne-invertujući ulaz kola U6c dobija napon za podešavanje centralne frekvencije koji se podešava sa S2 i RV3. Konektovani su u „Kelvin-Varlejš“ konfiguraciji, tako da zajedno formiraju ekvivalent skupim višeobrnim potencimetrima. Dva pola preklopnika S2 prekidaju VR3 više i niže na delitelju R10-R16 na način da obezbede šest podešavajućih naponskih opsega, koji zajedno obuhvata 0-12V.

Kako oba (i centralna frekvencija i testerasti signal za frekventni tjuning), imaju maksimalni raspon od 12V, pojačanje tjuning izlaza mora biti podešeno na nivo od 2,33 (28/12). Ovo se postiže potencimetrom RV4, koji dozvoljava fino podešavanje.

Ovde ćete se možda zapitati o razlogu uzimanja signala sa pina 3 kola U4. Ovo je urađeno iz razloga što nam za ovakav analizator sasvim odgovara i neki od osciloskopa koji imaju veoma mali frekventni opseg (do 1MHz recimo), a koji nemaju eksterni X ulaz, a obično imaju eksterni okidač na vremenskoj bazi, na koji se onda, u ovom slučaju, analizator može priključiti.

Prijemnik

Kao što se može videti iz podataka proizvođača, čip SA605 sadrži kvadraturni FM detektor. Ovo znači da se detektor može upotrebiti za slušanje signala koje gledamo na ekranu (audio). Dakle, imali bismo takođe i širokopojasni FM prijemnik u tom slučaju.

Ne treba posebno isticati da ne bismo mogli slušati određenu frekvenciju dok analizator radi, jer se njegova frekvencija menja (u rasponu recimo od 10MHz širine), u veoma brzom vremenskom periodu, tako da se ne može čuti niti jedan pojedinačan signal. U tu svrhu je izvedeno da se poslednji opseg na preklopniku za „sweep width“ isključi, tj. da kontrola frekvencije ostane, a da se tjuning pomoću generatora eliminiše, kako bismo mogli slušati signal koji želimo, a na osciloskopu pratiti njegov nivo signala. Na ovaj način možemo slušati, na primer, kompletan opseg od 88-108MHz, ili repetitore na 2m ili 70cm bandu, kao i druge frekvencije u opsegu koji prima TV tjuner.

Koliko je analizator osetljiv? Tipično, lako se mogu detektovati signali ispod 1uV, preko sva tri opsega (VHF low, VHF high, UHF). Iako analizator nije kalibrisan u tom pogledu, vertikalni otklon je veoma logaritmičan, od 28dB/volt i dinamičkim opsegom od 50dB. Još 40dB je moguće postići podešavanjem RF pojačanja, kako bismo podigli osetljivost na 90dB za signale ispod 1uV do nešto preko 30mV. Naravno, čak i jači signali mogu biti analizirani, koristeći spoljašnji atenuator.

Kalibracija analizatora se može izvesti koristeći fabrički analizator, ili spoljnji generator signala. Posедуje pet koraka za promenu frekvencije koji nam omogućuju da vidimo ceo opseg, ili da zumiramo jedan određeni deo njega i da ga proučavamo na ekranu. Fino podešavanje se vrši pomoću potenciometra. Isključenjem analizatora i korišćenjem uređaja kao prijemnika, na ekranu možemo pratiti nivo određenog signala, što je veoma korisno u radionici takođe. Osnovna širina detekcije analizatora je oko 170kHz (-20dB), tako da nije sposoban za toliko finu rezoluciju poput nekih fabričkih modela. Uzimajući međutim u obzir cenu izrade, nivo kompleksnosti u podešavanju, kao i činjenicu da može pružiti zaista veoma korisne informacije, kao alat za detekciju mnogih signala uopšteno na kompletnom opsegu koji obuhvata jedan TV tjuner, možemo reći da je projekat vredan uzimanja u razmatranje.

Napajanje

Reč dve o napajanju. Nekoliko napona je neophodno za analizator: 28V, 12V, 9V i 6,2V. Običan transformator na 12V/200mA je korišćen u ovu svrhu. Grec i elektrolit, podižu napon na oko 17,5V. Drugi ispravljač jeste D8-D9, posle kojeg dobijamo napon od 32V (udvajanje napona).

Izgled napajanja.

Kolo 723 ne treba posebno opisivati. Iako postoji sumnja velikog broja ljudi kroz iskustvo o kvalitetu napajanja gde se ovo kolo koristi, možemo reći da nismo imali nikakvih problema sa njime u radu. Napon od 17,5V koristi se za dobijanje napona od 12V, 9V i 6,2V, pomoću poznatih stabilizatora napona, uz filtraciju i dodavanje kondenzatora od 100nf kako bismo sprečili mala odstupanja u naponu.

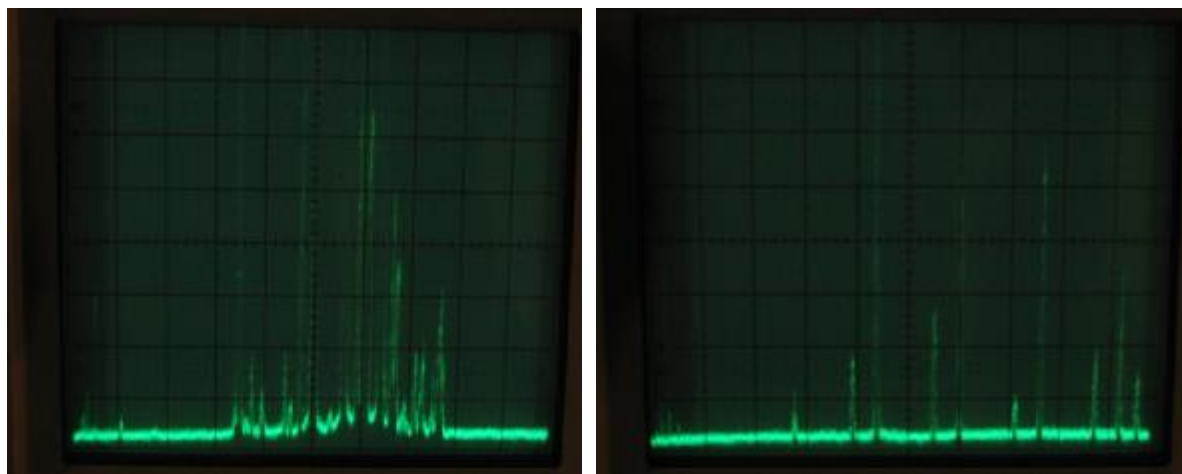
Regulator 723 obezbeđuje napon od 28V za TV tjuner (tačna vrednost napona nije kritična), što osigurava dobru stabilnost sa kojom zaista nije bilo problema u praksi. Analizator radi veoma mirno i jako stabilno. Promena frekvencije nije uočljiva na ekranu ni nakon više sati rada.

podešava kasnije potencijetrom RF gain, tako da nema bojazni od prejakih signala u tjuneru. Dalje, potrebno je podesiti zavojnicu L2, sve dok ne dobijemo takođe najviši nivo signala na ekranu. Kako se približavamo rezonansi, pikovi će postajati sve veći i veći, dok će preterano pomeranje feritnog jezgra činiti da se opet smanje. Zavojnica L3 se pojačava na maksimalni zvuk na slušalicama. Ovde smo koristili audio pojačalo sa kolom LM386, što se pokazalo dovoljno efikasno, ali svako ovde može koristiti audio pojačalo po želji.

Nakon samo nekoliko minuta podešavanja, lako je uvideti kada je ono dovedeno na maksimum. Potencijetrom RF gain, podešava se nivo jačine signala. Preklopnikom za bandove, biramo opsege VHF low (87,15-207,15MHz), VHF high (214,15-502,15MHz), UHF (510,15-894,15MHz). U praksi, pokazalo se da se opseg proširuje, pa obuhvata od oko 50MHz do preko 900MHz. Ovo zavisi od slučaja do slučaja, uzimajući u obzir da se TV tjuneri razlikuju između sebe.

Zavojnice L1, L2 i L3 namotavane su na TOKO feritnim jezgrima sa metalnim kućištima, kakve često nalazimo u starim TV prijemnicima. Zavojnica L1 ima 1 navoj na primaru, Cul žice prečnika 0,5mm, a sekundar 8 navoja iste žice. Zavojnica L2 ima 8 navoja žice 0,5mm, a zavojnica L3, 20 navoja žice 0,25mm.

Primeri detekcije:



Levo: FM opseg 88-108MHz. Desno: deo UHF opsega i razni signali (TV i službeni predajnici).

Umesto zaključka

Postavlja se logično pitanje, da li bi se ovakav analizator spektra mogao koristiti za posmatranje signala ispod 50MHz? Odgovor je da, može. O ovome će biti reči u nekom od narednih članaka, gde će biti opisan konvertor za analizu frekvencija od 50kHz do 300MHz.

Nadamo se da će i drugi naći ovaj uređaj isto toliko korisnim koliko i mi i da će se i drugima, gradnja svakako isplatiti. Naše lično iskustvo pokazalo je da je analizator, pored toga što je zabavna igračka, veoma osetljiv i da rezoluciona širina, čini ovakav pristup veoma poželjnim, zbog praćenja širokog spektra frekvencija. Takođe, korišćenje ovog analizatora spektra u našoj laboratoriji naišlo je na veoma veliku primenu u svrhu radio-astronomije, gde smo detektovali veliki broj objekata u kosmosu, što je bilo daleko lakše sa ovakvim instrumentom; ne samo zbog verifikacije, već i zbog pronalaženja grešaka i „praznih prozora“ u spektru koji se može iskoristiti za ovako male signale i njihovu detekciju, za svaku oblast posebno, naročito tamo, gde je urbana sredina odgovorna za mnoštvo veštačkih signala koje ne vidimo, a čiji harmonici nam prečesto zagorčavaju život.

Naravno, trudili smo se da uređaj bude izrađen od domaćeg materijala, a opet, na nekim mestima smo bili primorani da koristimo malo kvalitetnije komponente, bez kojih bi uređaj radio, ali ni izbliza ovako dobro kao što je to sada slučaj.