

Harmonski konverter za spektralni analizator

Matjaž Vidmar - S53MV

Spektralni analizator je pravzaprav samo merilni sprejemnik. V povezavi s sledilnim izvorom uporabimo spektralni analizator tudi za merjenje prevajalne funkcije oziroma prilagoditve (impedance) bremena. Frekvenčno področje meritev lahko razširimo z zunanji mešalniki in konverterja. Pri tem moramo seveda razmisliti, koliko nas takšna razširitev frekvenčnega področja stane ne samo v smislu cene dodatnih naprav, pač pa tudi dinamičnega področja meritev.

Eden najenostavnejših dodatkov za katerikoli spektralni analizator je prav gotovo harmonski konverter. Osnovni načrt harmonskega konverterja je prikazan na sliki 1. Harmonski konverter vsebuje mikrovalovni oscilator in mešalnik, ki vhodne frekvence meša z osnovno oziroma višjimi harmoniki oscilatorja. Uporabnost naprave dodatno povečuje možnost nastavljanja frekvence oscilatorja v širšem frekvenčnem pasu.

Harmonski konverter preprosto vstavimo med merjenca in spektralni analizator. Če pri tem dobimo nejasno sliko na zaslonu spektralnega analizatorja, si pomagamo s spreminjanjem frekvence oscilatorja v harmonskem konverterju, da določimo red harmonika in smer mešanja za posamezne odzive na zaslonu. S spreminjanjem frekvence oscilatorja se tudi izognemo luknjam harmonskega mešalnika oziroma uporabimo tisti harmonik, ko je mešalnik najbolj učinkovit.

Če nastavimo frekvenco oscilatorja natančno na vrednost medfrekvence spektralnega analizatorja, lahko uporabimo izhod prvega oscilatorja spektralca kot sledilni izvor. Neželjeni preslusi oscilatorja harmonskega konverterja v prvo medfrekvenco spektralca preprečimo z ločilnim ojačevalnikom za signal VCOja spektralca ter z nizkoprepustnim sitom na izhodu harmonskega konverterja.

Praktična izvedba harmonskega mešalnika zato vsebuje enak VCO kot v prvem mešanju spektralnega analizatorja, ki pokrije frekvenčno področje 2.1-3.85GHz. Harmonski mešalnik nima nobenega sita na vhodu, da pokrije čim širši frek-

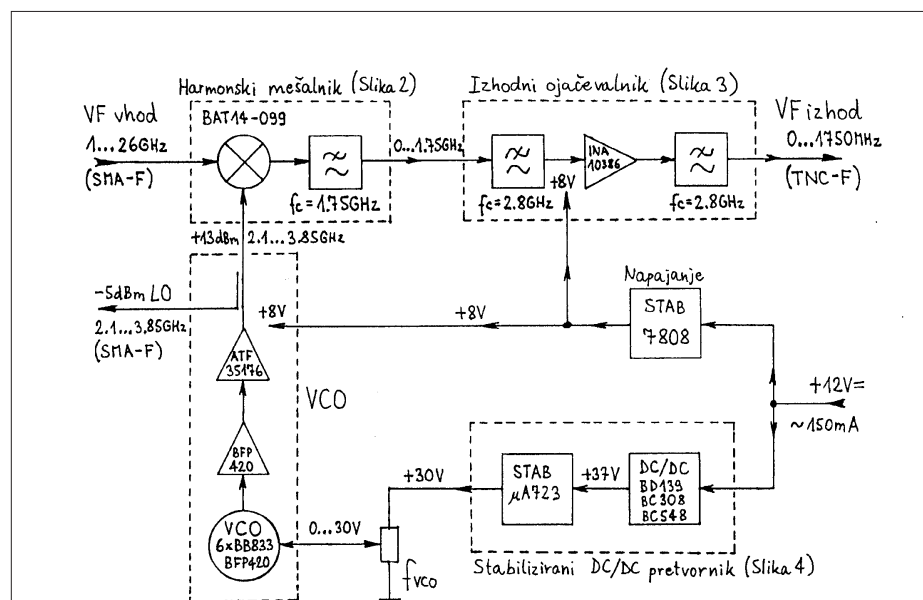
venčni pas. Izhod harmonskega mešalnika je treba skrbno očistiti z več nizkoprepustnimi siti, da ostanki signala oscilatorja in neželenih produktov mešanja ne zaidejo v spektralni analizator.

Harmonski konverter vsebuje tudi širokopasovni izhodni ojačevalnik, ki nadomesti visoke izgube harmonskega mešalnika oziroma pokrije razmeroma veliko šumno število spektralnega analizatorja. Opisani harmonski konverter je sicer izdelan kot samostojna enota v lastnem ohišju in ga lahko uporabimo s katerimkoli

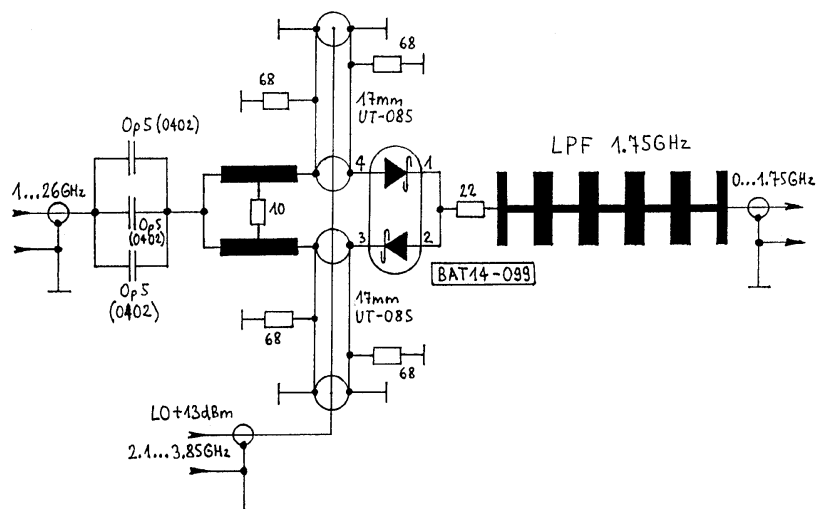
spektralnim analizatorjem s prvo medfrekvenco v pasu med 2 in 3GHz. Harmonski konverter zato vsebuje tudi vse potrebne napajalnike: stabilizator za +8V za napajanje VCOja in izhodnega ojačevalnika ter DC/DC pretvornik in stabilizator za +30V za varikap diode.

2. Harmonski mešalnik

Načrt harmonskega mešalnika je prikazan na sliki 2. Načrt samega mešalnika se sicer kaj dosti ne raz-



Slika 1 - Osnovni načrt harmonskega konverterja za spektralni analizator.



Slika 2 - Harmonski mešalnik.

likuje od prvega ali drugega mešalnika v spektralnem analizatorju. Dvojna schottky dioda BAT14-099 proizvaja obilico harmonikov do vsaj 30GHz, ko jo krmili razmeroma močni (+13dBm ali 20mW) signal oscilatorja v pasu 2.1-3.85GHz.

Če naj harmonski mešalnik pokriva celoten mikrovalovni frekvenčni pas brez globokih lukenj, je treba skrbno zadušiti vse neželjene rezonance sestavnih delov vezja. Vhodni signal je zato sklopljen preko SMD kondenzatorjev velikosti 0402. Ker znaša širina enega kondenzatorja komaj 0.5mm, jih vgradimo tri vzporedno, da 50-ohmski mikrotrakasti vod širine 1.5mm ni nikjer preščipnjen.

Neželjene rezonance simetričnega vezja mešalnika s poltrdim kablom UT-085 dušijo štirje upori po 68ohm. Tudi upora 10ohm in 22ohm sta namenjena dušenju rezonanc vezja. Končno je pod pokrov medeninaste škatlice z mikrotrakastim vezjem vgrajen mikrovalovni absorber v obliki črne "antistatične" pene.

Harmonski konverter ne vsebuje nobenega vhodnega slabilca. Z amaterskimi sredstvi je namreč težko izdelati dobre slabilce za frekvence nad 10GHz, še težje pa je takšne slabilce preklapljati v vezju. Običajni preklopniki (klecna stikala) niso uporabni na frekvencah nad 2GHz. Dodatne slabilce zato po potrebi priključimo kar na vhodno SMA

vtičnico. SMA vtičnica tudi omejuje uporabni frekvenčni pas harmonskega konverterja na približno 26GHz.

3. Izhodni ojačevalnik

Načrt izhodnega ojačevalnika je prikazan na sliki 3. Izhodni ojačevalnik je načrtovan z integriranim vezjem INA10386, ki zagotavlja raven frekvenčni odziv, ojačenje preko 20dB in šumno število pod 4dB v celotnem frekvenčnem pasu do 2GHz. Izhodni ojačevalnik nadomešča velike mešalne izgube v harmonskem mešalniku in hkrati pokriva šum spektralnega analizatorja.

Izhodni ojačevalnik je vgrajen v lastno medeninasto škatlico, saj je dodatno oklapljanje nujno potrebno. Tudi nizkoprepustno sito z mejno frekvenco 1.75GHz na izhodu harmonskega mešalnika ne zadošča. Izhodni ojačevalnik zato vsebuje dve dodatni nizkoprepustni siti z mejno frekvenco 2.8GHz, ki skupno s sito v harmonskem mešalniku ter vhodnem mešalniku spektralca preprečita nastanek "brkov" in drugih neželenih odzivov. Ker povzročajo "brke" tudi višje harmonske VCOja v konverterju, potrebuje tudi ozka in dolga škatlica ločilnega ojačevalnika mikrovalovni absorber pod pokrovom.

Ojačevalnik INA10386 seveda potrebuje sklopna kondenzatorja na vходу in izhodu, ki navzdol omejujeta pas izhodnih frekvenc na približno 100kHz. Ker harmonski konverter običajno uporabljamo pri večjih pasovnih širinah medfrekvence spektralnega analizatorja (150kHz in več), omenjene frekvenčne omejitve navzdol običajno sploh ne opazimo. Vsak sklopni kondenzator je sestavljen iz vzporedne vezave dveh SMD kondenzatorjev: 100pF (NP0) za visoke frekvence in preko njega zacinjeni 100nF (Z5U) za nizke frekvence.

4. Napajalniki

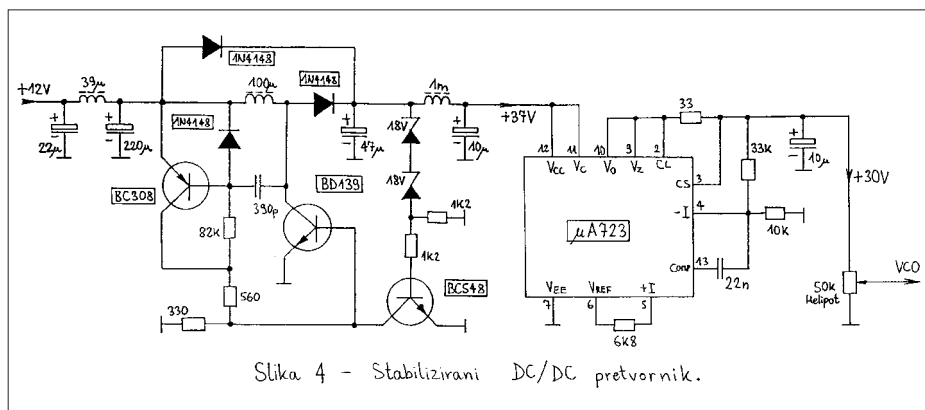
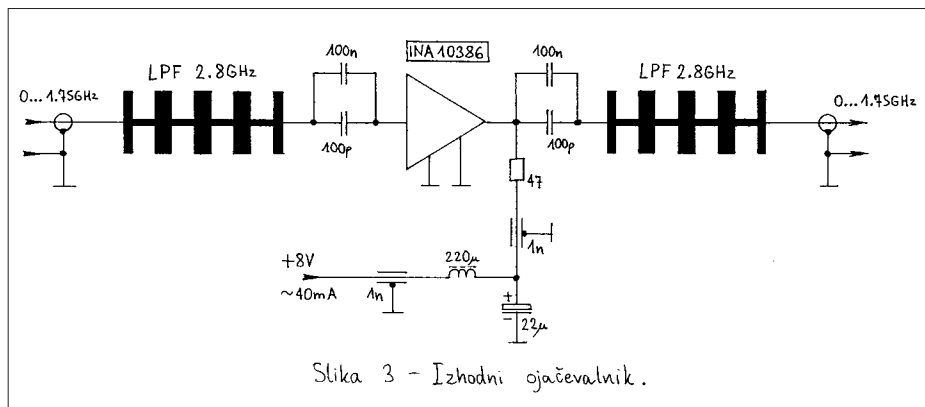
Za napajanje VCOja in izhodnega ojačevalnika poskrbi integrirani regulator 7808. Vezava regulatorja je povsem enaka tisti v spektralnem analizatorju (slika 16) oziroma v sledilnem izvoru (slika 7). Harmonski konverter je običajno stalno vključen, da se VCO ogreje na stabilno temperaturo in se njegova frekvenca čimmanj seli. Harmonski konverter zato nima stikala za vklop.

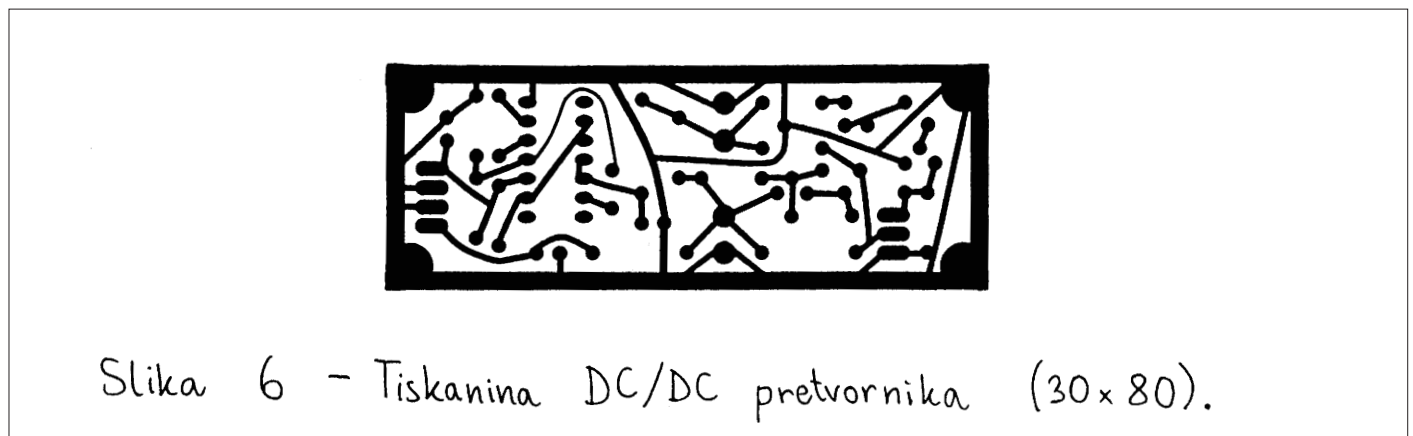
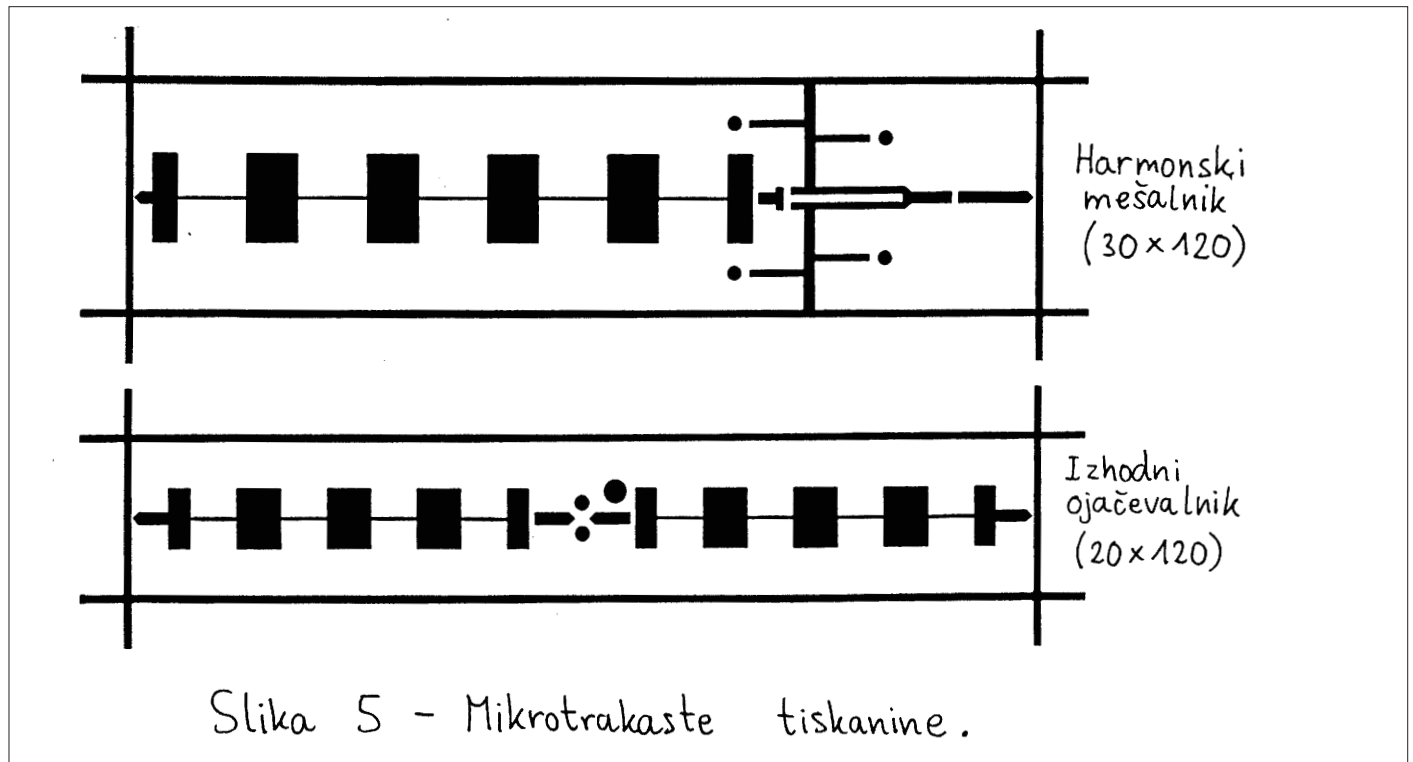
Varikap diode v VCOju seveda potrebujejo precej višjo napetost do +30V, da VCO pokrije široko področje od 2.1GHz do 3.85GHz. Razen tega mora biti krmilna napetost VCOja zelo dobro stabilizirana in filtrirana, saj se v harmonskem konverterju vsakršna nestabilnost frekvence oscilatorja še množi z redom harmonika.

Napajalnik za varikap diode je prikazan na sliki 4. Napajalnik vsebuje switching DC/DC pretvornik s tranzistorji BC308 in BD139. Za grobo stabilizacijo izhodne napetosti +37V poskrbita dve zener diodi za 18V in tranzistor BC548. Napetost +37V na izhodu DC/DC pretvornika seveda niti zdaleč ni dovolj stabilna za neposredno napajanje varikap diod v VCOju.

Za dodatno stabilizacijo izhodne napetosti na +30V poskrbi integrirano vezje uA723. Zaradi majhne porabe na +30V (edini merljivi porabnik je potenciometer) zadošča že sam uA723 brez dodatnih močnostnih polprevodnikov. uA723 seveda še vedno potrebuje peščico uporov za nastavitev izhodne napetosti in tokovne omejitve ter nekaj kondenzatorjev, ki preprečujejo divjanje povratne vezave.

Krmilno napetost za varikap diode dobimo preko Helipot potenciometra





50kohm. Potenciometer je seveda vgrajen na prednjo ploščo harmonskega konverterja in opremljen z gumbom za štetje obratov. Ker harmonski konverter ne vsebuje vezja za linearizacijo VCOja, bo skala na potenciometru zelo nelinearna. V praktični uporabi se izkaže celo koristno, da je skala na gornjem koncu zelo razvlečena, saj ravno v tem področju uporabljamo harmonski konverter pri opazovanju zelo visokih frekvenc nad 10GHz.

VCO je povsem enak prvemu VCOju v spektralnem analizatorju (slika 4). Glavni izhod VCOja (+13dBm) krmili harmonski mešalnik, pomožni izhod VCOja (+5dBm) pa je speljan na SMA vtičnico na zadnji plošči harmonskega konverterja, kamor lahko priključimo frekvencometer oziroma uporabimo harmonski konverter kot izvor signala v frekvenčnem pasu 2.1-3.85GHz.

Pri gradnji celotnega merilnega kompleta spektralnega analizatorja moramo zato izdelati dva enaka VCOja. Če nam zaradi toleranc sestavnih delov ne uspe izdelati dveh enakih VCOjev, vgradimo boljšega v sam spektralni analizator. Slabši VCO uporabimo v harmonskem konverterju, saj so tu zahteve bistveno manj ostre kot v spektralnem analizatorju.

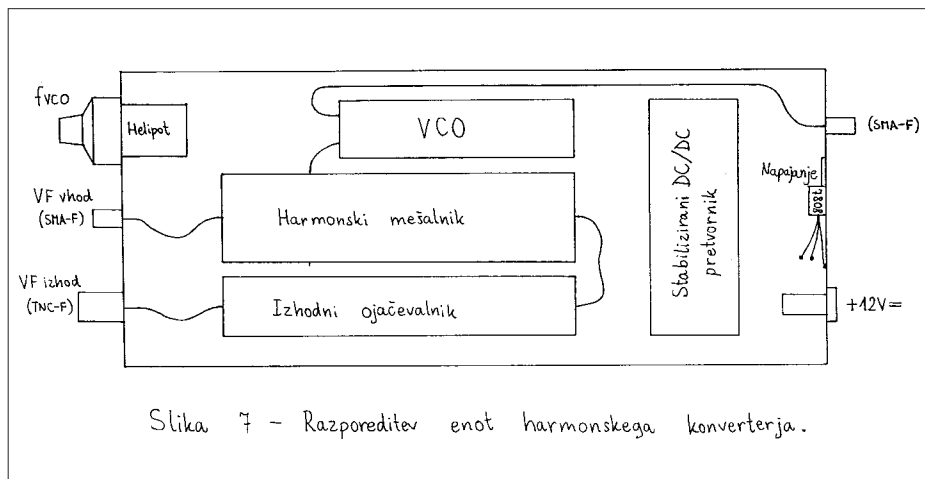
Končno lahko v harmonskem konverterju povečamo filtracijo krmilne napetosti VCOja, saj tu VCOja ne krmilimo z žago in so vse spremembe počasne. V ta namen zamenjamo kondenzator 15nF z elektrolitom 10uF, ki ga prav tako vgradimo vzporedno skozniku 1nF za krmilno napetost 0...30V za varikap diode. VCO bo na ta način varnejši pred vdorom nizkofrekvenčnih motenj iz napajanja, predvsem iz DC/DC pretvornika.

5. Izdelava harmonskega konverterja

Z izjemo DC/DC pretvornika vsebuje sledilni izvor le mikrotrakaste tiskanine, ki so prikazane na sliki 5. Mikrotrakaste tiskanine so izdelane iz dvostranskega vitroplasta FR4 debeline 0.8mm povsem enako kot v spektralnem analizatorju. Tiskanina DC/DC pretvornika je prikazana na sliki 6 in je izdelana na enostranskem vitroplastu FR4 debeline 1.6mm.

Vse tri mikrotrakaste tiskanine (harmonski mešalnik, VCO in izhodni ojačevalnik) so vgrajene v oklopljena medeninasta ohišja podobno kot enote spektralnega analizatorja (20). Vse tri medeninaste škatlice potrebujejo tudi mikrovalovni absorber, črno "antistatično" peno pod pokrovom za dušenje rezonanc.

Razporeditev enot harmonskega



konverterja je prikazana na sliki 7. [katla harmonskega konverterja ima enako globino (240mm) kot spektralni analizator, širina pa je samo 100mm. Višina škatle harmonskega konverterja je samo 32mm, saj so vse enote razporejene v eni sami ravnini. Dno škatle je preprosto kos pločevine, upognjen v obliko črke U z nosilnimi ušesi za pokrov, ki je prav tako kos pločevine, upognjen v obliko črke U.

Stabilizator 7808 je privit na zadnjo stranico škatle zaradi hlajenja. Ostali sestavni deli stabilizatorja za +8V (kondenzatorja 470uF, dušilka VK200 in zaščitna dioda 1N5401) so preprosto vgrajeni v "zraku" med priključki 7808 in vtičnico za napajanje

+12V. Poraba celotnega harmonskega konverterja znaša okoli 150mA.

6. Oživljanje harmonskega konverterja

Harmonski konverter je v primerjavi s spektralnim analizatorjem ali sledilnim izvorom razmeroma enostavna naprava. Opisani harmonski konverter sploh nima uglaševalnih točk. V prvem koraku preverimo delovanje napajalnih vezij, predvsem regulatorja 7808 in DC/DC pretvornika s stabilizatorjem za 30V.

Najzahtevnejša sestavna enota harmonskega konverterja je prav gotovo širokopasovni VCO. Podobno kot v spektralnem analizatorju preverimo

frekvenčno področje pokrivanja in izhodno moč pred vgradnjo VCOja v celotno vezje. Posebno pazimo na to, da VCO nima "lukenj", kjer bi izhodna moč padla pod +10dBm. Če gradimo harmonski konverter hkrati s spektralnim analizatorjem, potem preverimo delovanje obeh širokopasovnih VCOjev ter vgradimo boljšega v spektralni analizator in slabšega v harmonski konverter.

Na spektralnem analizatorju mora biti viden šum izhodnega ojačevalnika harmonskega konverterja. Pri vhodnem slabljenju 0dB mora biti šum dobro viden, pri slabljenju 10dB pa komaj dvigne zeleno travico na zaslonu osciloskopa. Na ta način pravzaprav preizkusimo spektralni analizator, ki bi moral dosegati šumno število pod 20dB pri vhodnem slabljenju 0dB.

Končno povežemo -5dBm izhod prvega VCOja spektralca na vhod harmonskega konverterja. Harmonski konverter nastavimo tako, da se nam črta na osciloskopu dvigne skoraj do vrha zaslona. Pri tej nastavitvi harmonskega konverterja uporabljamo prvi VCO spektralca kot sledilni izvor. Delovanje harmonskega konverterja preverimo seveda za poljubno nastavitve VCOja, ko dobimo le nekaj posamičnih odzivov na zaslonu spektralca.

