

Marker frekvencmeter za spektralni analizator

Matjaž Vidmar - S53MV

1. Prikaz frekvence in jakosti

Spektralni analizator je merilnik, ki meri frekvenco in jakost radijskih signalov. Obe veličini zato načeloma odčitamo z zaslona katodne cevi. Ko spektralni analizator preiskuje le ozek delček frekvenčnega področja, potrebujemo še podatek, kje se ta delček nahaja v celotnem frekvenčnem področju merilnika. Pri ločljivosti komaj 10dB na razdelek bi želeli tudi točnejši prikaz jakosti, vsaj v eni ali nekaj zanimivih točkah zaslona.

Prvi spektralni analizatorji so imeli podobno kot ostali radijski sprejemniki mehansko skalo s kazalcem in pogonom na vrstico. Točnost frekvenčne skale je zagotavljal kakovosten žični potenciometer (Helipot), ki je krmilil tokovni generator za elektromagnet YIG oscilatorja. Frekvenca YIG oscilatorja je namreč premosorazmerna magnetnemu polju oziroma toku skozi tuljavo elektromagneta.

Nerodno mehansko skalo, ki je bila pogosto vzrok okvare spektralnega analizatorja, je kmalu zamenjal digi-

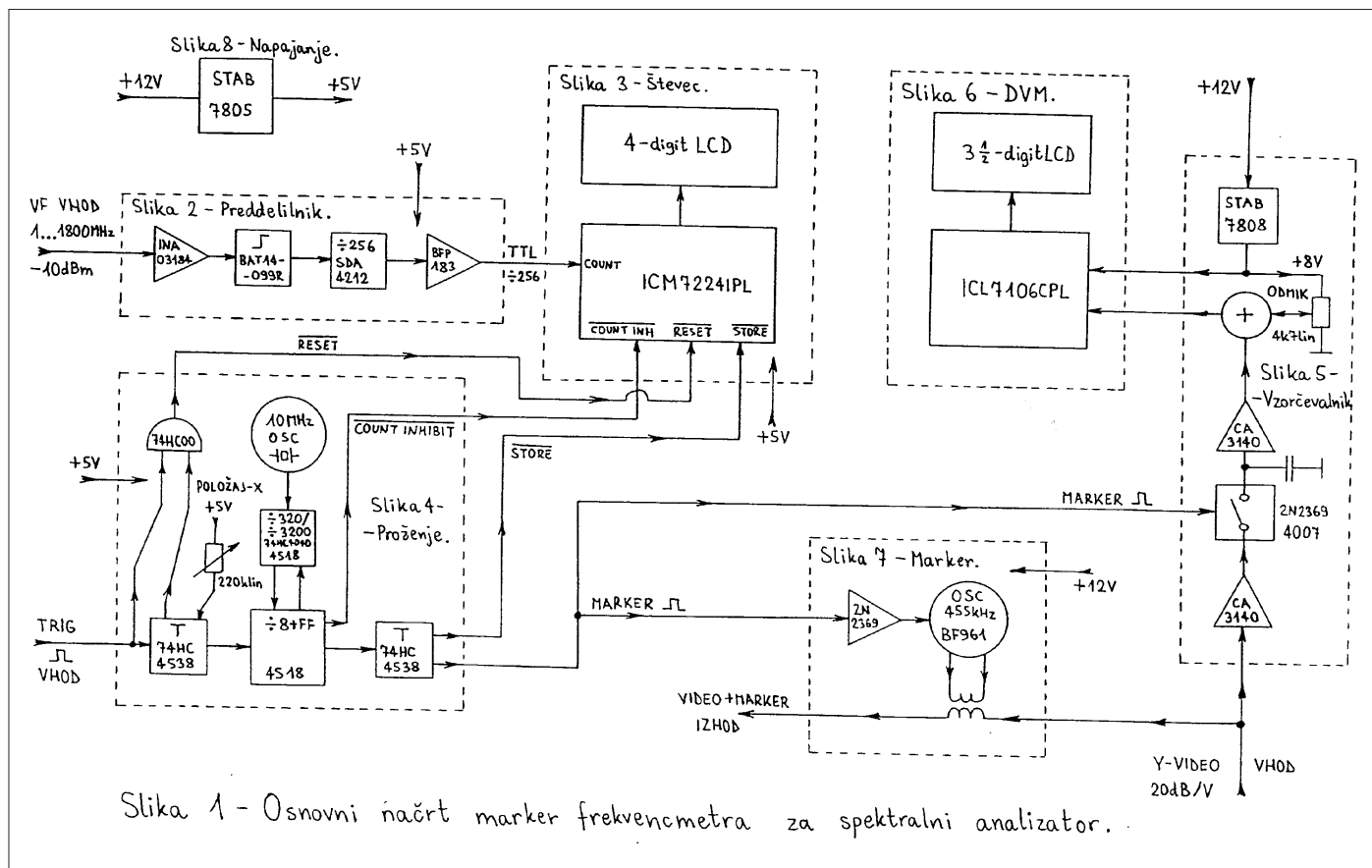
talni miliampermeter na tri ali štiri številke. Številski prikaz seveda takoj pokaže pomanjkljivosti takšne enostavne elektronske frekvenčne skale. Vsak uporabnik hitro opazi prevaro, da ne gre za pravi digitalni frekvencmeter. Zadošča že nastaviti frekvenco merilnika na nič, potem na najvišjo možno frekvenco in se spet vrtniti na nič. Histereza jedra elektromagneta YIG oscilatorja bo poskrbela, da se skala premakne tudi za 20MHz!

Pred dobrim desetletjem so hitri frekvenčni delilniki končno omogočili vgradnjo pravih frekvenčnih sintetizatorjev tudi v mikrovalovna vezja spektralnega analizatorja. Takšni spektralni analizatorji edini razpolagajo z resnično točno frekvenčno skalo. Točnost prikaza frekvence tedaj zavisi izključno od referenčnega kristalnega oscilatorja. Kljub temu dobimo danes na tržišču številne nove merilnike, tudi takšne z računalniško-podprtim prikazovalnikom, ki razpolagajo le z razmeroma netočno analognο frekvenčno skalo (meritev toka skozi elektromagnet YIG oscilatorja).

Vsakemu spektralnemu analizatorju lahko seveda dodamo zunanji digitalni frekvencmeter. Ker je spektralni analizator sprejemnik z več mešanji, moramo izmeriti frekvence vseh lokalnih oscilatorjev in nazadnje še pravilno prišteti vrednost zadnje medfrekvence. Razen tega moramo vrata števec frekvencmetra sinhronizirati s skaniranjem časovne baze spektralnega analizatorja, da merimo vse frekvence vedno v isti znani točki skaniranja.

Nalogo znatno poenostavi sledilni izvor, ki je sicer zelo koristen pripomoček spektralnega analizatorja. Sledilni izvor opravi vsa seštevanja oziroma odštevanja medfrekvenc in lokalnih oscilatorjev, da je njegova izhodna frekvenca enaka vhodni frekvenci spektralnega analizatorja. S pomočjo sledilnega izvora lahko izmerimo frekvenco spektralnega analizatorja s katerikoli frekvencmetrom, le skaniranje spektralnega analizatorja moramo med meritvijo frekvence zaustaviti (zero span).

Spektralni analizatorji z računalniško-podprtim prikazovalnikom lahko merijo frekvenco v katerikoli točki



skale na zaslonu. Merilna točka oziroma točke, če jih je več, so prikazane z dobro vidnimi značkami na zaslonu, ki jih imenujemo markerji. Frekvenca in jakost signala vsakega markerja se izpišejo v številski obliki.

Načrtovanje primerne frekvenčnega prikazoma in meritvi frekvenca in jakosti markerjev torej dopušča veliko različnih možnosti, skoraj ne glede na vrsto osnovnega spektralnega analizatorja in druge opreme (sledilni izvor, slikovni pomnilnik). Za samo meritev frekvenca zadošča že števec, ki mu vrata odpira žaga iz spektralnega analizatorja. Druga skrajnost je računalniško-podprt prikazovalnik, kjer mogoče predstavlja edino omejitev le zmogljivost mikroročunalnika, ki ga uporabimo za risane slike.

V tem sestavku bom opisal enostaven marker frekvenčnega delovanja s spektralnim analizatorjem in pripadajočim sledilnim izvorom. Uporaba sledilnega izvora omogoča enostaven frekvenčnega z enim samim vhodom in enim preddelilnikom, ki za razliko od običajnih števcov frekvenca potrebuje le sinhronizacijo proženja s spektralnim analizatorjem.

Osnovni načrt marker frekvenčnega za spektralni analizator je prikazan na sliki 1. Vežje marker frekvenčnega ima tri naloge: v izbrani točki na zaslonu mora izmeriti frekvenco in jakost signala ter narisati primerno značko na zaslon osciloscopa.

Frekvenčnega sestavljajo tri enote: preddelilnik, števec in proženje. Preddelilnik deli izhodno frekvenco sledilnega izvora z 256, kar omogoča uporabo razmeroma počasnega števca. Enota števca vsebuje tudi vmesni pomnilnik in krmilnik za LCD prikaz. Enota proženja poskrbi za reset in odpiranje vrat števca ter prepis vsebine v pomnilnik. Točko merjenja frekvenca nastavimo z zakasnitvijo impulza TRIG iz izvora žage spektralnega analizatorja.

Vzorčevalnik Y-VIDEO signala se proži istočasno z odpiranjem vrat frekvenčnega števca. Vzorec napetosti se shrani v kondenzatorju in izmeri z digitalnim voltmetrom (DVM). Skala voltmetra je umerjena kar v decibelih, dodaten potenciometer pa omogoča nastavitve poljubnega odmika.

Končno, isti prožilni impulz "MARKER" krmili tudi vežje, ki nariše značko na zaslonu osciloscopa.

Enota markerja vsebuje oscilator za 455kHz. Izhodni signal oscilatorja se preprosto prišteje Y-VIDEO signalu, ki krmili Y vhod osciloscopa.

Ker spektralni analizator uporabljamo kot občutljiv merilni sprejemnik, je marker frekvenčnega vgrajen v lastno oklopljeno ohišje. Kovinski oklop zadošča v večini meritev, celo s sprejemno anteno vgrajeno neposredno na spektralni analizator. Učinkovitost oklapljanja marker frekvenčnega in sledilnega izvora lahko takoj preverimo z izklopom napajanja obeh enot. Vežja marker frekvenčnega so zato načrtovana tako, da v odsotnosti napajanja ne motijo signalov Y-VIDEO in TRIG.

2. Preddelilnik

Izhodna frekvenca sledilnega izvora spektralnega analizatorja se giblje v zelo širokem razponu začeni skoraj z enosmerno vse do nekaj GHz. Meritev visokih frekvenc vsekar zahteva preddelilnik. Preddelilnik seveda upočasnjuje delovanje frekvenčnega. Izbira faktorja deljenja preddelilnika zato ni poljubna.

Meritev frekvenca sledilnega izvora mora biti v vsakem slučaju hitrejša od časa enega preleta spektralnega analizatorja, običajno okoli 20ms. Ločljivost frekvenčnega je omejena na 100kHz, kar zahteva čas meritve 2.56ms pri uporabi preddelilnika z modulom deljenja 256. Višjo ločljivost frekvenčnega bi lahko dosegli le s povprečenjem rezultata več zaporednih meritev.

Dodatno težavo predstavlja ničla na frekvenčni skali. Delovanje sledilnega izvora je povsem nezanesljivo v bližini ničle, preddelilnik pa je še bolj nezanesljiv pri zelo nizkih frekvencah. Meritev frekvenca v neposredni bližini ničle bi omogočal edino bolj kompliciran frekvenčnega, ki bi meril frekvence vseh oscilatorjev spektralnega analizatorja

z več ločenimi preddelilniki in števcu ter izračunal končni rezultat s prištevanjem medfrekvenc.

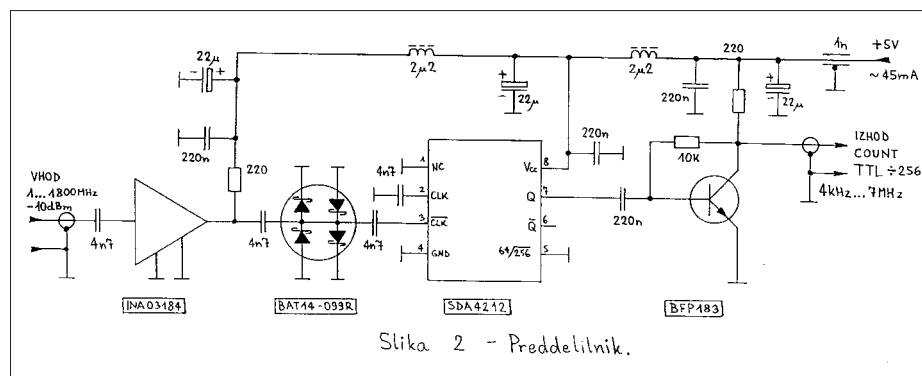
Spodnja frekvenčna meja sledilnega izvora znaša manj kot 100kHz. 100kHz je zelo nizka frekvenca za ECL preddelilnike. Ceni preddelilniki za TV sprejemnike so načrtovani za delovanje v frekvenčnem področju od 70MHz do 900MHz. Razširitev frekvenčnega področja preddelilnika zahteva skrbno obdelavo vhodnega signala, na kar načrtovalci amaterskih in tovarniških frekvenčnega marsikdaj pozabijo.

V opisanem frekvenčnega sem najprej preizkusil preddelilnike U664 in U891 tovarne Telefunken, ki jih z lahkoto najdemo pri nas kot rezervne dele za televizorje. Gornja frekvenčna meja obeh omenjenih preddelilnikov znaša okoli 1.6GHz z velikimi odstopanji med primerki istega vežja. Gornja frekvenčna meja hitro upada s segrevanjem čipa in narašča z višanjem napajalne napetosti.

Žal se pri U664 in U891 nikakor ne da znižati spodnje frekvenčne meje pod 20MHz, niti pri krmiljenju z lepimi pravokotnimi impulzi. Vzrok je verjetno kapacitivno sklopljen ojačevalnik, vgrajen na vhod omenjenih delilnikov. Na srečo takšnih vhodnih vežij preddelilniki drugih proizvajalcev (družina SDA... tovarne Siemens, družina uPB... tovarne NEC) izgleda ne vsebujejo.

V vežju sem se zato odločil za preddelilnik SDA4212, ki ga z malo sreče še vedno najdemo kot rezervni del za televizor. SDA4212 doseže gornjo frekvenčno mejo okoli 1.8GHz pri sobni temperaturi, kar je ravno še zadosti za opisani spektralni analizator in sledilni izvor. Spodnja frekvenčna meja zavisi od vhodnega vežja in oblike vhodnega signala. Poskusi so pokazali, da preddelilniki družine SDA... še vedno delujejo pri vhodnih frekvencah pod 1MHz.

Celotno vežje preddelilnika je prikazano na sliki 2. Vhodni ojačevalnik INA03184 je potreben predvsem na



Slika 2 - Preddelilnik.

nizkih frekvencah, da iz sinusnega izhodnega signala sledilnega izvora naredi pravokotnik za ECL pred-delilnik. Še bolj pomembno vlogo ima četverček schottky diod BAT14-099R, ki hkrati oblikuje vhodni signal pred-delilnika in preprečuje prekrmljenje ECL vhodnega vezja v SDA4212.

Preddelilnik SDA4212 ima standardno razporeditev nožic. V isto podnožje lahko zato vtaknemo tudi U891, ki bo deloval povsem pravilno, le frekvenčno področje bo omejeno na 20MHz do 1.6GHz. Izhodni signal preddelilnika z ECL logičnim nivojem ojačuje tranzistor BFP183 na TTL logični nivo.

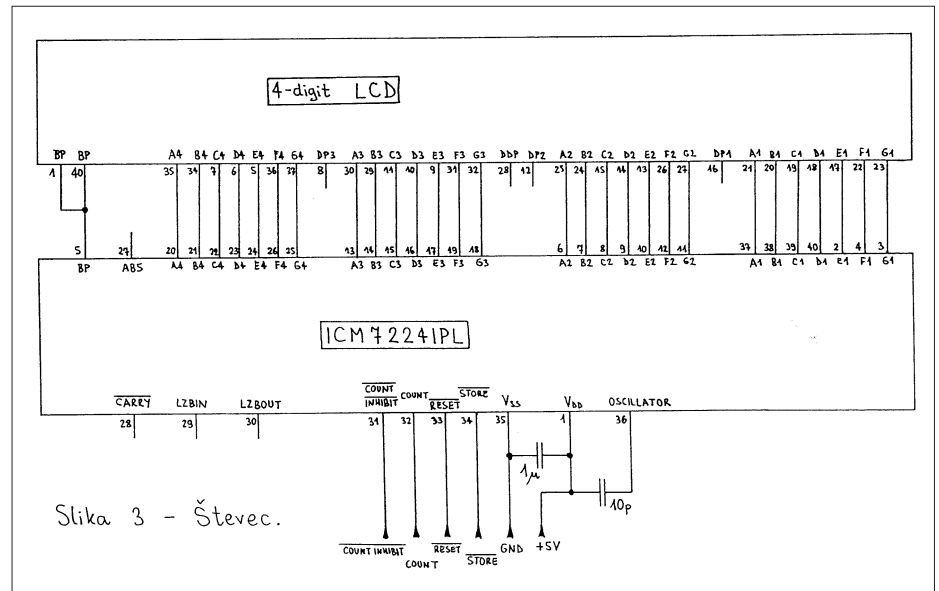
Večina omenjenih ECL pred-delilnikov omogoča izbiranje modula deljenja z nožico 5. V opisanem frekvencmtru sem se odločil za modul deljenja 256, ker ta modul omogoča večina znanih preddelilnikov. Deljenje z 256 pomeni izhodno frekvenco okoli 7MHz pri vhodni frekvenci 1.8GHz. Ker glavni števec frekvencmetra omogoča deljenje frekvenc vse do 16MHz, bi z boljšim preddelilnikom (naprimer uPB1505) lahko dosegli tudi 4GHz in tako neposredno merili frekvence oscilatorjev v spektralnem analizatorju.

Enota preddelilnika potrebuje eno samo napajalno napetost +5V. Vsi sestavni deli so SMD izvedbe z izjemo SDA4212. Poskusi so pokazali, da SDA4212 deluje celo bolje, če je vgrajen na kvalitetno podnožje. Izgleda, da kontakti podnožja poskrbijo za boljšo prilagoditev impedance kot v slučaju, ko je SDA4212 neposredno zacinjjen v tiskano vezje.

3. Števec

Števec je osnovni sestavni del vsakega digitalnega frekvencmetra. Vsebinsko števec moramo seveda pripeljati na primeren prikazovalnik. Amaterski frekvencmetri so običajno izdelani z LED prikazovalniki. Svetleče diode imajo razmeroma veliko porabo, kar pomeni veliko segrevanje naprave in motnje na napajanju. V občutljivem merilniku, kot je to spektralni analizator, je oboje skrajno nezaželeno. Uporaba LCD prikazovalnika je zato skoraj nujna.

LCD prikazovalnike dobimo več različnih vrst. Najenostavnejši za uporabo so multipleksirani moduli, ki vsebujejo tudi krmilnik in jih lahko neposredno priključimo na mikro-računalnik. Multipleksirani moduli imajo žal dve hudi pomanjkljivosti:



Slika 3 - Števec.

prikazani znaki so razmeroma majhni in kontrast je zaradi multipleksiranja slab, še posebno pri posebnem gledanju prikazovalnika.

V frekvencmtru sem se zato odločil za nemultipleksiran LCD s štirimi velikimi številkami, ki se uporabljajo v namiznih urah. Za takšen LCD na srečo obstaja ustrezno krmilno vezje ICM7224IPL, ki vsebuje tudi števec frekvencmetra, vmesni pomnilnik in 7-segmentni dekodeer. Uporaba programirljivega mikrokrmilnika oziroma kopice vezij družin 74HC... ali 40... zato ni potrebna.

Povezava krmilnika ICM7224IPL na LCD je prikazana na sliki 3. Števec krmilimo preko vhodov COUNT in /COUNT-INHIBIT. Na vhod COUNT pripeljemo izhod pred-delilnika. Preko vhoda /COUNT-INHIBIT sprostim oziroma zaustavimo števec. Logika znotraj ICM7224IPL je izvedena tako, da preskoki stanja /COUNT-INHIBIT ne prožijo števca. Na ta način je zagotovljeno, da zadnja številka frekvencmetra manj pleše. Vsebinsko števca prepisemo v vmesni pomnilnik z impulzom na vhodu /STORE. Končno, z vhodom /RESET postavimo števec nazaj na ničlo za naslednjo meritev.

Ker je LCD nemultipleksiran, potrebuje vsak segment prikazovalnika lastno ločeno povezavo do krmilnika ICM7224IPL. ICM7224IPL krmili tudi skupno elektrodo vseh segmentov prikazovalnika z imenom BP (backplane). LCD namreč zahteva krmiljenje z nizkofrekvenčno izmenično napetostjo nekaj deset ali sto Hz. Frekvenco krmiljenja določa oscilator, ki je vgrajen v samo vezje ICM7224IPL.

ICM7224IPL in LCD prikazovalnik

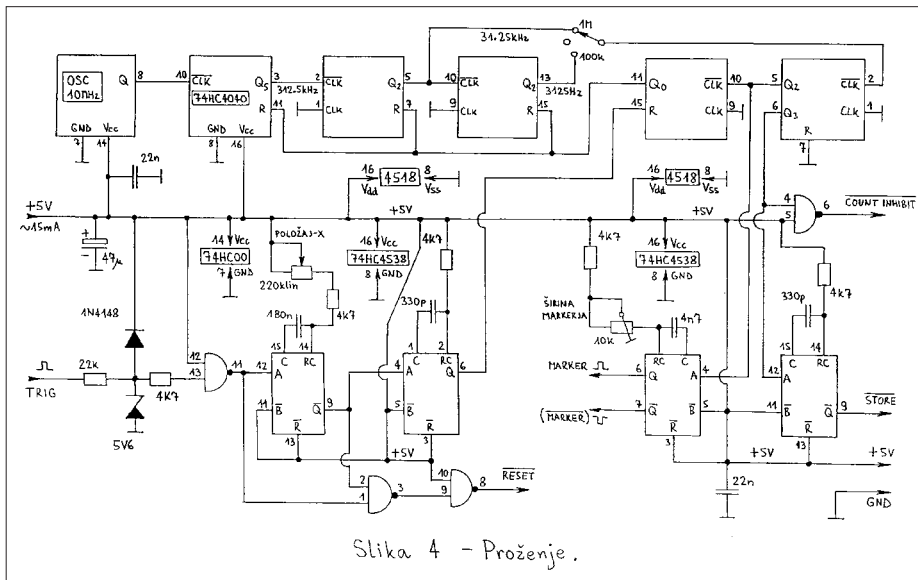
imata še nekaj nepovezanih nožic. V opisanem vezju niso povezane decimalne pike prikazovalnika. ICM7224IPL bi sicer lahko krmilil še polovico pete številke (segment AB5), žal pa je ustrezen LCD skoraj nemogoče najti na tržišču. Izhod /CARRY sicer omogoča povezavo več ICM7224IPL v verigo. Vhod LZBIN in izhod LZBOUT pri tem omogočata brisanje nepotrebnih ničel. V prikazanem vezju je vhod LZBIN nepovezan, saj ga drži v pravilnem logičnem stanju že notranji upor v vezju ICM7224IPL.

Vezje ICM7224IPL zahteva eno samo napajalno napetost +5V in pri tej napetosti omogoča štetje vse do 15...25MHz. Zaradi varčevanja s prostorom na prednji plošči merilnika je ICM7224IPL vgrajen kar pod LCD prikazovalnik. Enostranska tiskanina sicer zahteva še dva mostička (za VDD in BP) pod samim ICM7224IPL.

4. Proženje

Frekvencmeter spektralnega analizatorja zahteva nekoliko drugačno proženje od običajnih digitalnih frekvencmetrov. Predvsem mora biti proženje natančno sinhronizirano z žago spektralnega analizatorja. Razen tega moramo upoštevati tudi čas trajanja meritve frekvence, ki ni zanemarljiv v primerjavi s periodo žage. Če je skeniranje frekvence dovolj linearno, bo izmerjeno povprečje preprosto ustrezalo frekvenci sredi merilnega intervala.

Razen krmiljenja števca mora vezje proženja sporočiti trenutek merjenja frekvence ostalim vezjem, da narišejo primerno značko (marker) na pravem



mestu zaslona in istočasno vzorčijo jakost signala v isti točki. Celotno vezje proženja je prikazano na sliki 4.

Proženje krmili signal TRIG (povratek žage) iz spektralnega analizatorja. Signal TRIG resetira števec (signal /RESET na ICM7224IPL) in sproži prvi monostabilni multivibrator 74HC4538. Nastavljiva zakasnitev (potenciometer POLOŽAJ-X) omogoča izbiro časa proženja oziroma izbiro točke, v kateri merimo frekvenco in jakost signala. Po izteku zakasnitve se sproži druga polovica istega 74HC4538 in naredi na izhodu impulz dolžine približno ene mikrosekunde.

Impulz 1us požene časovno bazo frekvenčnega tako, da resetira flip-flop v drugem 4518 (nožice 10, 11 in 15). Izhod flip-flop-a sprosti reset verigi delilcev (74HC4040 in prvi 4518), ki jo krmili 10MHz kristalni oscilator. Veriga delilcev proizvede eno od dveh frekvenc: 31.25kHz ali 3125Hz, ki določata čas trajanja meritve in s tem ločljivost frekvenčnega (1MHz ali 100kHz).

Dekadni števec v drugem 4518 (nožice 2, 5 in 6) čaka v stanju 8. Takt iz verige delilcev ga pomika naprej v stanja 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 in nazadnje spet 8, ko se sproži flip-flop in zaustavi verigo delilcev. Izhod /COUNT-INHIBIT pri tem sprosti števec v stanjih od 0 do 7, kar da skupaj 8 period oziroma 256us (ločljivost 1MHz) ali 2.56ms (ločljivost 100kHz). Po končanem številu sledi še mikrosekundo dolg impulz /STORE, ki vsebino števca prepíše v vmesni pomnilnik v vezju ICM7224IPL.

Točno sredi števca, pri prehodu dekadnega števca iz stanja 3 v stanje 4, se sproži tudi monoflop za impulz

MARKER (polovica drugega 74HC4538). Širina markerja je pri tem nastavljena na približno 30 mikrosekund, kar daje dobro vidno značko na zaslonu osciloskopa in hkrati zadošča za vzorčevalnik.

Tudi vezja proženja zahtevajo le eno napajalno napetost +5V, ki na enostranski tiskanini potrebuje tudi en mostiček pod monostabilnim multivibratorjem 74HC4538. Vsi krmilni signali za števec (/RESET, /COUNT-INHIBIT in /STORE) so na razpolago na eni vtičnici vključno s +5V napajanjem in maso. Vhod TRIG je zaščiten z upori in diodami tudi takrat, ko je napajanje marker frekvenčnega izključeno.

5. Vzorčevalnik

Čeprav lahko jakost signala razmeroma natančno odčitamo z zaslona katodne cevi spektralnega analizatorja, je dodatni številski prikaz vsekakor dobrodošel. Spektralni analizator razpolaga z analognim

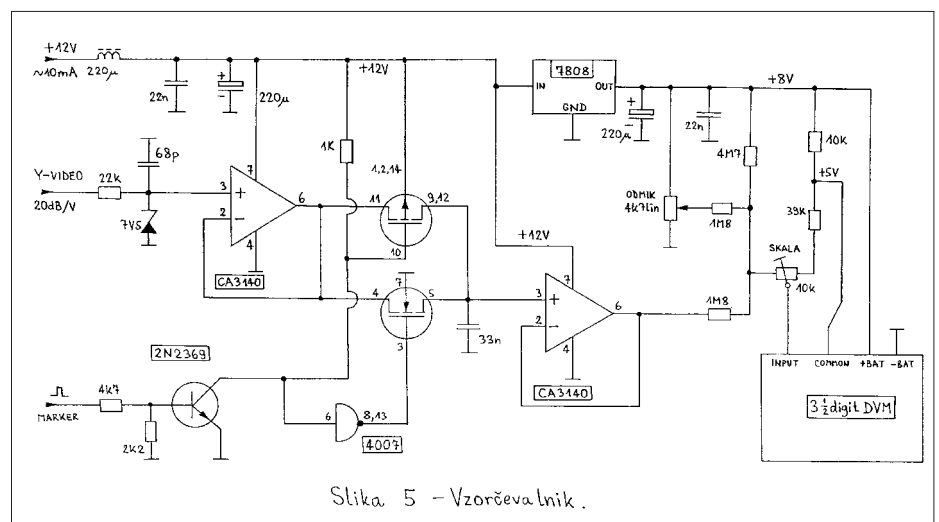
Y-VIDEO izhodom 20dB/V, ki se seveda stalno spreminja skladno s preletavanjem frekvenčnega pasu. Za meritve jakosti signala na določeni frekvenci moramo zato vzorčiti Y-VIDEO signal v pravem trenutku.

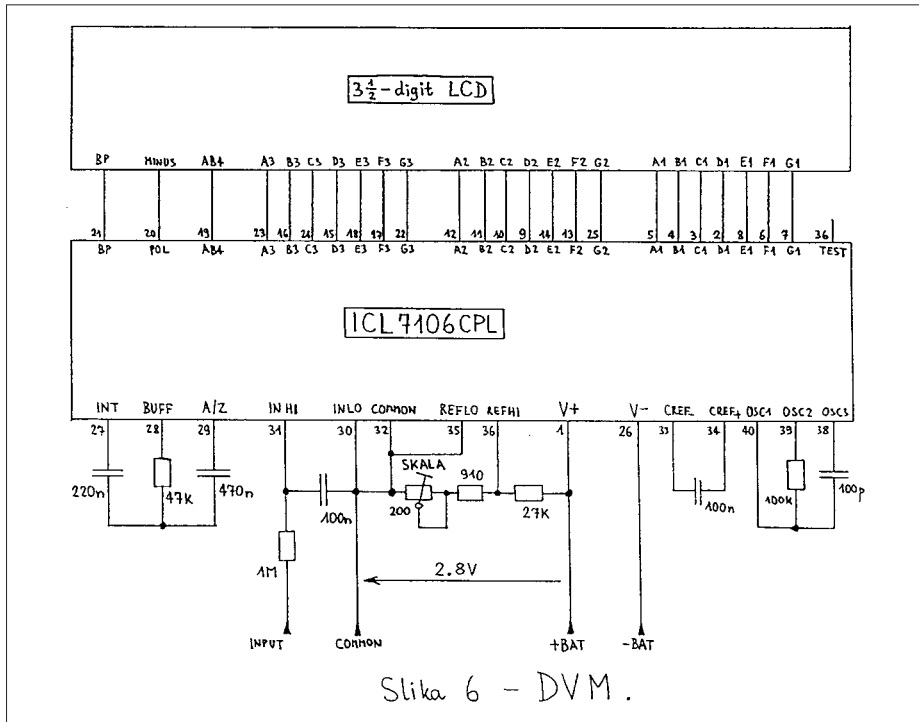
Načrt vzorčevalnika je prikazan na sliki 5. Vhodni Y-VIDEO signal gre najprej skozi preprosto nizkoprepustno sito (upor 22kohm in kondenzator 68pF) na napetostni sledilnik s prvim operacijskim ojačevalnikom CA3140. CA3140 poskrbi, da vzorčevalnik ne obremenjuje voda z Y-VIDEO signalom v nobenem slučaju: ko vzorčevalnik deluje in ko je vzorčevalnik izključen. Zener dioda 7V5 pri tem ščiti občutljivi MOS vhod vezja CA3140.

Sam vzorčevalnik je izdelan s CMOS stikalom (vezje 4007) in kondenzatorjem 33nF. CMOS stikalo je vključeno le za kratek čas trajanja impulza MARKER, ki ga tranzistor 2N2369 ojači na CMOS logični nivo. V preostalem času napetost zadrži kondenzator 33nF, izhod pa ojači še en napetostni sledilnik z MOS operacijskim ojačevalnikom CA3140.

Operacijski ojačevalniki CA3140 imajo več pomembnih lastnosti. Razen visoke vhodne impedance MOS tranzistorjev dopuščajo tako na vseh kot na izhodu napetosti vse do ničle. Hkrati zdržijo veliko prekrmljenje na vходу brez poškodb ali kratkih stikov, tudi do +8V preko pozitivnega napajanja. Vezje 4007 sem izbral za CMOS stikalo zaradi ponovljivosti. Bolj običajna CMOS stikala 4016 različnih proizvajalcev se med sabo močno razlikujejo tudi v notranjem vezju.

Izhodni signal lahko prikažemo na različne načine. Najpreprostejša rešitev je uporaba modula za digitalni voltmetr (DVM) s podobnim nemultipleksiranim LCDjem, kot je





uporabljen v frekvenčnem DVM modulu so sicer poceni, vendar imajo pomanjkljivost, ki je ponavadi opisana le z drobnimi črkami v priloženih navodilih za uporabo: napajanje DVM modula bi moralo biti električno povsem izolirano od izvora merjene napetosti.

Zahtevi po dvojnem napajanju se z lahkoto izognemo, če preučimo notranji načrt digitalnega voltmetra. Ker načrt voltmetra običajno ni priložen k navodilom za uporabo, ga objavljam na sliki 6. Večina LCD voltmetrom uporablja integrirano vezje ICL7106CPL oziroma podobna vezja drugih proizvajalcev.

Zunanje napajanje takšnega voltmetra je nazivno 9V baterija med nožicama +V in -V. V notranjosti vsebuje vezje ICL7106CPL kvaliteten regulator za referenčno napetost 2.8V med nožicama COMMON in V+. Regulator se hkrati uporablja kot izvor referenčne napetosti med nožicama REFLO in REFHI preko primerne uporabnega delilnika ter kot referenčna točka za vhodno napetost, saj je eden od vhodov (običajno INLO) neposredno povezan na COMMON.

Za napajanje DVM modula je v enoto vzorčevalnika vgrajen stabilizator 7808. +BAT tako dobi +8V, -BAT pa povežemo na maso. Priključek COMMON se tedaj nahaja na napetosti približno +5.2V. Pri tem se moramo zavedati, da se priključek COMMON lahko obnaša le kot ponor električnega toka (breme proti +8V). Priključka COMMON ne moremo

obremeniti kot izvor toka (breme proti masi), saj se takoj sesede.

DVM moduli so običajno izdelani za občutljivost +/-200mV za celo skalo merjenja. Za merjenje višjih napetosti moramo dodati ustrezen uporovni delilnik, da dobimo med točkama INPUT in COMMON napetost v območju +/-200mV. Če pri tem potrebujemo tok iz priključka COMMON, moramo notranji regulator za 2.8V obremeniti s primernim uporom proti +8V. To zadnjo nalogo opravlja upor 10kohm na sliki 5.

Skalo digitalnega voltmetra je smiselno umeriti kar v decibelih oziroma bolj točno v desetinah decibelov. Y-VIDEO signal 20dB/V pomeni

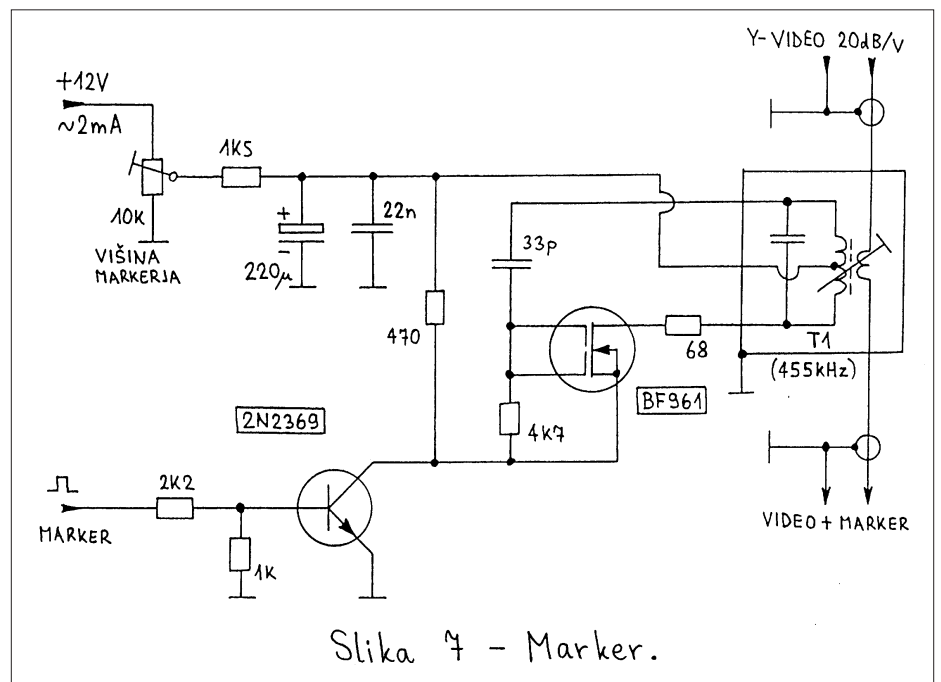
spremembo 5mV za vsako desetinko decibela, zadnja številka DVM modula pa gre s korakom 0.1mV pri celotnem območju +/-200mV. Izhodno napetost vzorčevalnika je zato treba deliti s 50 s primerno uporovno mrežo. Točno skalo seveda nastavimo s trimerjem 10kohm. Uporovna mreža poskrbi tudi za nastavljev odmik skale s potenciometrom 4.7kohm.

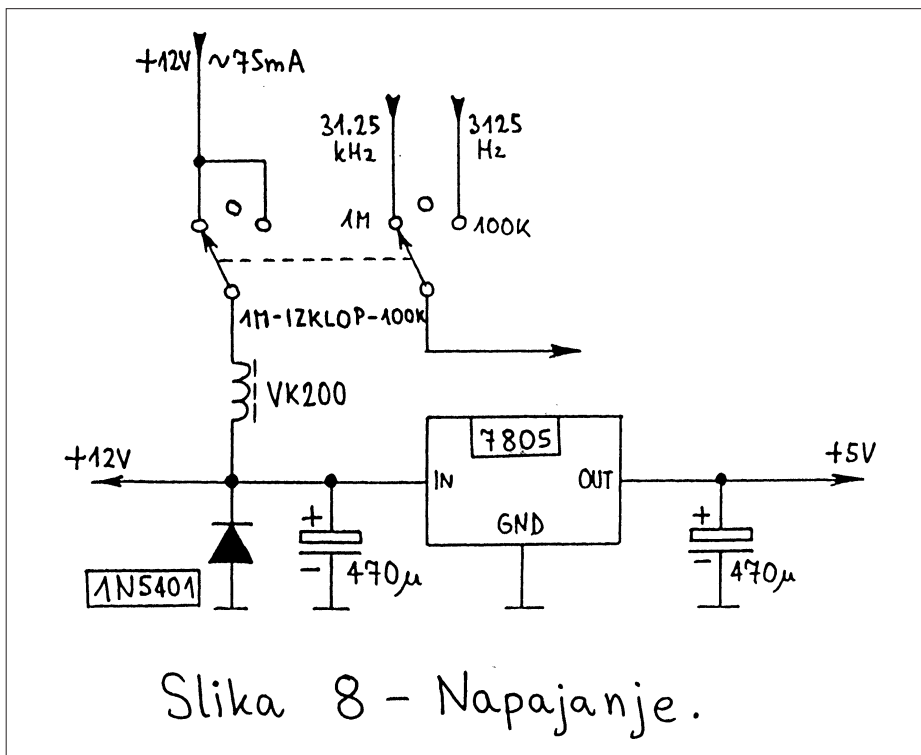
Enota vzorčevalnika se napaja z nestabilizirano napetostjo +12V, ki neposredno napaja oba CA3140 in 4007. Za napajanje modula voltmetra in potenciometra za odmik poskrbi stabilizator 7808. Vhod vzorčevalnika je načrtovan tako, da ne obremenjuje Y-VIDEO signala tudi takrat, ko je celotno vezje vzorčevalnika brez napajanja.

6. Marker

Meritve frekvence in jakosti signalov so popolnoma neuporabne, če ne vemo, v kateri točki zaslona veljajo. Točko meritev najenostavneje označimo tako, da na zaslon narišemo primerno značko (marker). Značko lahko seveda narišemo na različne načine, pač glede na to, do katerih krmilnih signalov katodne cevi oziroma drugačnega prikazovalnika sploh imamo dostop: samo pokončni odklon Y, odklon v obeh smereh X in Y ali celo krmiljenje jakosti žarka na zaslonu cevi (os Z).

V najsposobnejšem primeru osciloscopa kot prikazovalnika za spektralni analizador imamo dostop le do po-





končnega odklona Y. Značko - marker torej dodamo le signalu Y-VIDEO. Pri izbiri vzorca značke pazimo seveda na to, da značke ne zamenjamo z značilnimi vzorci na zaslonu spektralnega analizatorja. Naprimer, najpreprostejšo značko dobimo tako, da impulz MARKER preprosto prištetemo signalu Y-VIDEO. Takšno značko seveda ni težko spregledati v izobilju zobcev, ki jih ponavadi vidimo na zaslonu spektralnega analizatorja.

Kot vzorec značke sem si zato izbral pokončno črtico, ki sega nad in pod prikazano krivuljo na zaslonu spektralnega analizatorja. Pokončno črtico nariše nekaj nihajev visokofrekvenčnega oscilatorja. Ustrezno vezje markerja je prikazano na sliki 7.

Visokofrekvenčni oscilator markerja uporablja MOS tranzistor BF961 kot aktivni sestavni del in medfrekvenčni transformator za 455kHz kot selektivno povratno ve-

zavo. MOS tranzistor omogoča hitro vnihanje oscilatorja ob vklopu in prav tako hitro iznihanje oscilatorja ob izklopu napajanja. Iznihanje pospešuje upor 470ohm vzporedno z napajanjem oscilatorja.

Izhodni signal markerja prištetemo signalu Y-VIDEO preko sekundarnega navitja medfrekvenčnega transformatorja. Vezje je načrtovano tako, da pri uporabi običajnega medfrekvenčnega transformatorja za 455kHz (jedro bele barve) dobimo značko v obliki črtice višine približno enega razdelka ali izmenični signal okoli 0.5V vrh-vrh. Upor 470ohm vzporedno z napajanjem pri tem pomaga dušiti neželjeno impedanco transformatorja za signal Y-VIDEO takrat, ko je marker izključen.

Oscilator markerja vključuje in izključuje tranzistor 2N2369. Višino značke nastavimo kar z napajalno napetostjo preko trimerja 10kohm. Oscilator markerja sicer deluje le

kratkotrajno in se napaja iz elektrolitskega kondenzatorja 220µF, ki se v preostalem delu periode žage potem nazaj napolni preko trimerja in upora 1.5kohm. Ker +12V napajanje celotnega vezja ni stabilizirano, se višina značke lahko malo spreminja.

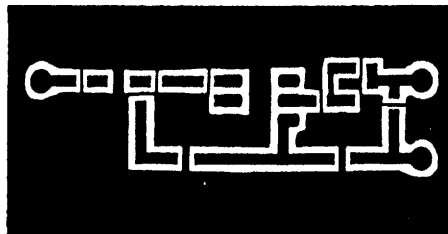
7. Izdelava marker frekvenčmetra

Marker frekvenčmeter je izdelan v enaki tehniki gradnje kot pripadajoča spektralni analizator in sledilni izvor. Za napajanje +5V za frekvenčmeter poskrbi stabilizator 7805, ki je prikazan na sliki 8. Stikalo za vklop marker frekvenčmetra ima tri položaje, da z njim hkrati izbiramo ločljivost frekvenčmetra (1MHz ali 100kHz). Na ta način prihranimo malo prostora na prezasedeni prednji plošči.

Marker frekvenčmeter vsebuje le eno visokofrekvenčno tiskanino za preddelilnik, ki je izdelana v SMD tehniki in oklopljena z medeninasto škatlico z izmerami 30mmX60mmX30mm. Tiskanina preddelilnika je prikazana na sliki 9 in je izjedkana na enostranskem vitroplastu FR4 debeline 0.8mm.

Vse ostale tiskanine nosijo le nizkofrekvenčna vezja in nosijo le običajne sestavne dele z žičnimi izvodi. Ostale tiskanine so prikazane na sliki 10 in so izjedkane na enostranskem vitroplastu FR4 debeline 1.6mm. Enostranske tiskanine seveda potrebujejo nekaj žičnih mostičkov: v števcu sta dva takšna mostička pod vezjem ICM7224IPL, v proženju pa en mostiček pod vezjem 74HC4538. Digitalni voltmeter običajno dobimo kot sestavljen modul, zato zanj ne objavljam tiskanine.

Razporeditev enot marker frekvenčmetra je prikazana na sliki 11. Škatla marker frekvenčmetra ima enako globino (240mm) in širino



Slika 9 - Tiskanina preddelilnika (30 x 60).

(220mm) kot spektralni analizator, tako da jo lahko enostavno postavimo pod ali nad spektralni analizator. Višina škatle marker frekvenčnega je prilagojena višini obeh LCD prikazovalnikov in tiskanin, ki ju nosita. V mojem slučaju sem izbral višino 42mm, ki jo je določal tovarniško sestavljen modul za digitalni voltmeter.

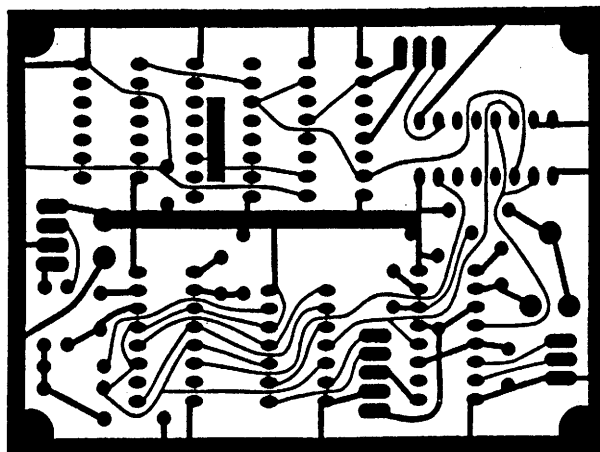
Škatla je sicer precej prazna, saj je enot marker frekvenčnega raz-

meroma malo. Praznina bo mogoče prav prišla za dodatke, naprimer za računalniški vmesnik. Vse enote so 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.

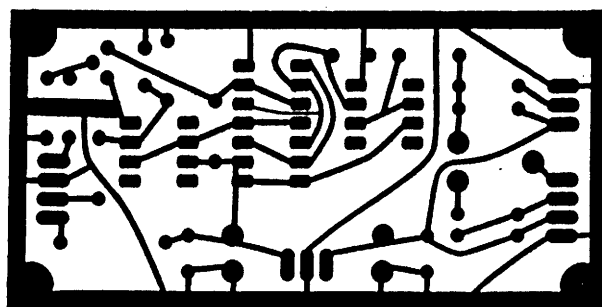
Marker frekvenčnega je razmeroma preprosta naprava, ki bi morala delovati brez vsakršnega uglaševanja. Nekatere nastavitve so sa-

moumevne, naprimer trimerja za širino in višino markerja. Če vezje markerja ne deluje pravilno oziroma ne moremo nastaviti zadostne višine značke, potem poskusimo z drugačnim medfrekvenčnim transformatorjem, ki naj bi imel odcep približno na sredini primarnega navitja.

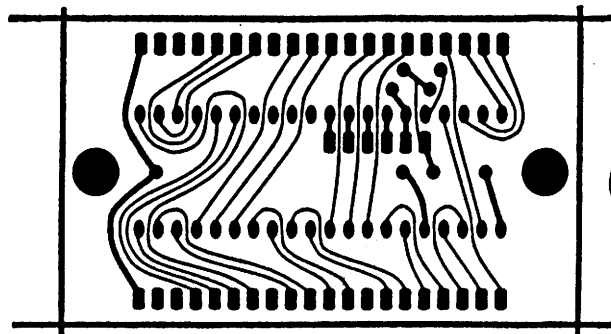
Točnost frekvenčnega je določena s kristalnim oscilatorjem za 10MHz, ki ne dopušča nastavitve. Pri merjenju večjega števila kristalnih osci-



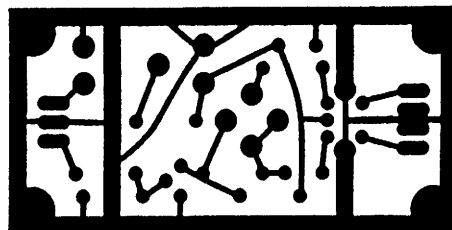
Proženje
(60 × 80)



Vzorčevalnik
(40 × 80)



Števec
(40 × 68)



Marker
(30 × 60)

Slika 10 - Ostale (nizkofrekvenčne) tiskanine.

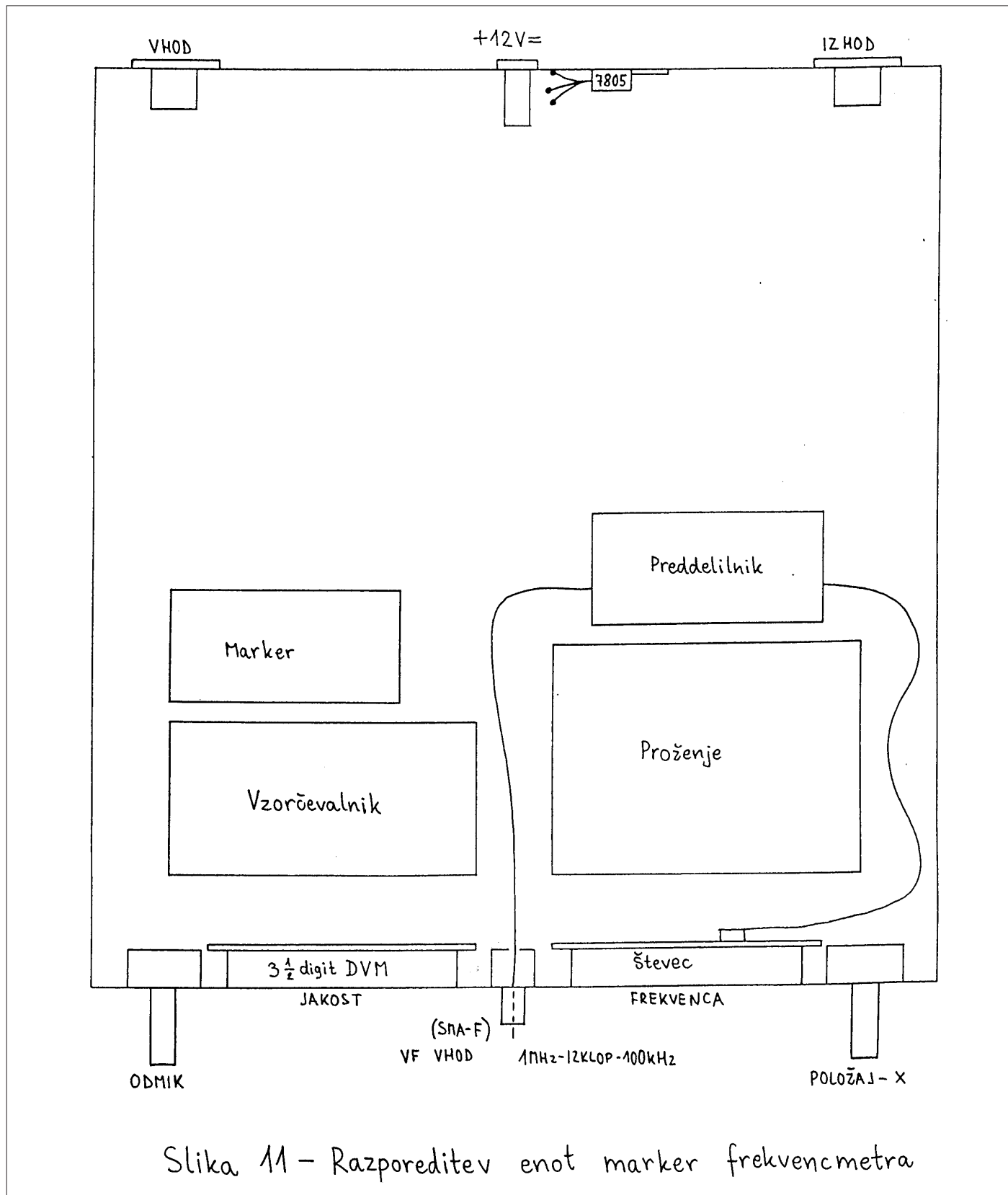
latorjev različnih proizvajalcev so se izkazali najtočnejši oscilatorji tovarne KYOCERA, tip KXO-01-1. Pri preizkusu frekvenčnega merila je seveda smiselno preveriti spodnjo in gornjo frekvenčno mejo predelilnika.

Končno moramo nastaviti še enega od trimmerjev za skalo digitalnega voltmetra, da prikazane številke v resnici ustrezajo izmerjenim decibelom. To

verjetno najlažje storimo s trimmerjem na tiskanini vzorčevalnika. Rezultat preverimo z umerjenim slabilcem na vhodu spektralnega analizatorja.

Povezava decimalnih pik LCD prikazovalnikov ni ravno enostavna, saj moramo tekoči kristal krmiliti samo z izmeničnim signalom. Nekateri ceneni DVM moduli imajo mostičke, ki spojijo decimalne pike

na nožico COMMON vezja ICL7106CPM. Zaradi nižje izmenične napetosti pika sicer potemni, vendar nekoliko manj od ostalih segmentov LCDja. Na podoben način lahko vključimo tudi pike frekvenčnega merila, če jih spojimo preko primernega kondenzatorja na maso.



Slika 11 - Razporeditev enot marker frekvenčnega merila