

Miljenko Čemeljić, AD Vega & AD Varaždin,

Vega Horizonti broj 1, stranice 10-13, Digitalno izdanje www.advega.hr
ISSN 2991-6178, ČAKOVEC, STUDENI - PROSINAC 2023

Gradnja amaterskog radio teleskopa

Uvod: Amaterski radio teleskop

1. dio: Gradnja rog antene i potrebne elektroničke komponente
2. dio: Instalacija i upotreba programske podrške
3. dio: Primjeri moguće upotrebe i daljeg napretka u samogradnji

1. dio: Gradnja rog antene i potrebne elektroničke komponente

Uvod: Amaterski radio teleskop

Radio signali iz svemira istraživani su od XIX stoljeća, od kada znamo za elektromagnetske valove, ali prvi stvarni uspjesi postignuti su tek tokom 1930-tih, kada K. Jansky, radeći za Bell Laboratories na rješavanju problema šuma u radio uređajima, hvata šum iz smjera centra naše Galaksije, Mliječne Staze. Nakon 2. Svjetskog rata G. Reber, koji je ujedno bio i prvi amaterski radio astronom, pravi prvu radio kartu neba. Desetljećima nakon toga, radio astronomija je, zbog skupoće uređaja koji bi bili dovoljno osjetljivi za primanje ekstremno slabih signala iz svemira, bila uglavnom u domeni profesionalnih astronoma. Elektronika na visokim frekvencijama, npr. oko 1 GHz, je vrlo osjetljiva na smetnje i uređaji su bili rijetki, pa dakle i skupi.

Godine 1982. je u RCA laboratorijima pod vodstvom Ulrich L. Rohde-a u SAD razvijen prvi Programski Definirani Radio (Software Defined Radio, SDR). U takvom radiju, analogni detektori, mikseri, filteri, pojačala, modulatori i demodulatori su izvedeni računski, tako da se analogni signal pretvori u digitalni i sve operacije izvode na računalu, na digitalnom signalu.

Početak tisućljeća došlo je do naglog razvoja te vrste prijemnika, kad je uočeno da se prijemnik za digitalnu televiziju baziran na integriranom sklopu RTL2832U može iskoristiti za direktni pristup do digitalne verzije signala i za ostale, ne samo TV frekvencije. Grupa oko kompanije Osmocom, uz pomoć mnogih neovisnih suradnika, je razvila prvi program (driver) za obradu takvih signala. Zbog široke uporabe prijemnika za digitalne visokofrekventne signale u TV i mobilnoj telefoniji, cijena takvih uređaja je pala do reda veličine 10 USD i korišteni su u svim područjima prijema (i emitiranja) radio signala, od kHz do GHz.

Radio amateri su prvi iskoristili mogućnosti SDR, ali polako ih dostižu i astronomi. U Hrvatskoj je bilo pojedinih pokušaja (Fusnota: Nadamo se takve pokušaje udokumentirati, pa pozivamo sve koji imaju neka saznanja o ranim pokušajima te vrste kod nas da jave Uredništvu. Ako dobijemo dovoljno podataka, možemo krajem ove kratke serije članaka objaviti radnu verziju povijesti takvih pokušaja kod nas) ali do ove godine nije bilo organiziranog napora. U svibnju 2023 je autor ovog članka predstavio svoj

prototip malog radio teleskopa u Astrocentru Varaždin pri Elektro Strojarskoj Školi i na Tehničkoj školi u Čakovcu.

U Astrocentru Varaždin je, u suradnji sa AD Varaždin, napravljena i prva rog antenna od lima, prikazana na Sl.1,



SLIKA 1: Prvo javno predstavljanje radio-astronomske rog-antene u Hrvatskoj, Čakovec, Kolovoz 2023.

sa ciljem mjerenja HI linije neutralnog vodika na valnoj duljini od 21 cm (1420.406 MHz). Ta antenna je javno predstavljena na 1. regionalnom susretu astronomskih društava u Međimurju krajem kolovoza 2023.

Istovrsna antenna je napravljena u radionici Copernicus astronomskog instituta Poljske akademije znanosti u Varšavi u kome autor radi i predstavljena na Otvorenom danu instituta rujnu 2023, gdje je također izazvala zanimanje. Kao i u Hrvatskoj, postojanje pristupačne tehnike za samogradnju radio teleskopa još nije doprla do šire publike, pa čak ni do astronoma amatera i profesionalaca. Ovaj članak je dio nastojanja da se javnost upozna sa postojanjem te mogućnosti.

Paralelno se u AD Vega u Čakovcu krenulo, uz suradnju sa lokalnim radio-amaterima, u smjeru izgradnje ambicioznijeg, većeg radio teleskopa sa paraboličnom antenom. Tako je i u Hrvatskoj započeta era amaterske radio astronomije. Započela je prije profesionalne, jer kod nas "pravog" radio teleskopa još nema. Nadamo se da će naši naponi pridonijeti razvoju domaće radio-astronomije. Prirodni i tehnički uvjeti za to su u Hrvatskoj bolji nego za profesionalnu optičku astronomiju.

U kratkoj seriji članaka autor će podijeliti svoja iskustva pri gradnji malog radio teleskopa sa čitaocima, u nadi da će, metodom "uradi to sam", i sami pokušati napraviti svoj uređaj, kod kuće ili u školi sa učenicima. Autor je svoj prototip-koji i danas koristi za prvu probu opreme-napravio u kuhinji,

od kartona i aluminijske folije, uz dodatak elektronike kupljene preko interneta za oko 50 eura. Za računski dio potrebno je prosječno prijenosno računalo.

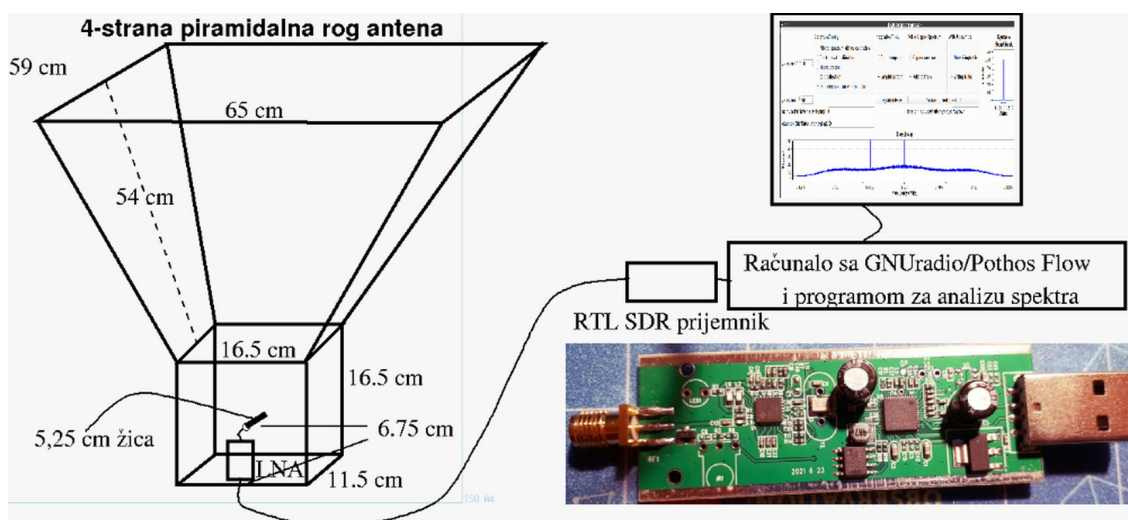
U prvom dijelu biti će predstavljena izrada rog antene uz listu potrebnih elektroničkih komponenti, u drugom instalacija potrebnih računalnih paketa, a u trećem moguće upotrebe i dalje napredovanje u samogradnji radio teleskopa.

1.dio: Izrada rog antene i potrebne elektroničke komponente

Prvo pitanje koje se postavlja je što želimo promatrati, jer će o tome ovisiti kakvu antenu trebamo. U zadnjem dijelu ove serije članaka ćemo podrobnije opisati različite projekte ostvarene od strane amaterskih radio-astronoma, a ovdje opisujemo projekt koji nam se čini najpristupačniji: registriranje vodikove linije na 21 cm. Takvo zračenje je emitirano pri spontanom prijelazu atoma vodika iz pobuđenog stanja sa paralelnim spinovima elektrona u osnovno stanje sa anti-paralelnom orijentacijom. Za takva promatranja nije potrebna velika preciznost usmjeravanja antene: naša Galaksija, Mliječna Staza, je najjači, stalni izvor.

Prvo promatranje linije neutralnog vodika je izvršeno 25. ožujka 1951. (Purcell & Ewen) na Sveučilištu Harvard u SAD, pomoću rog antene. Odabir rog antene je bio zbog njene veće osjetljivosti, što je također razlog našeg izbora. Drugi razlog je dobro ograđivanje od smetnji zbog okolnih izvora, koje je važno u gradskim uvjetima, gdje se obrazovne ustanove obično nalaze, a ideja je napraviti i koristiti radio teleskop u školskim uvjetima.

Kao prototip, napravili smo konstrukciju od kartona oblijepljenog kuhinjskom aluminijskom folijom. Folija je prilijepljena na karton, sa spojevima ojačanim običnom izolirajućom trakom. Za valnu duljinu $\lambda = 21.206$ cm (frekvencija od 1420.406 MHz), potrebna preciznost površine je reda veličine centimetra, dakle nije toliko bitno da ne bude neravnina, nego je bitnije dobro spajanje dijelova folije. Shema cijele konfiguracije je prikazana na Sl.2,



SLIKA 2: Shema konfiguracije amaterskog radio-teleskopa sa potrebnim komponentama. a na Sl.3

SLIKA 3: Prototip rog antene izrađen od kartona i aluminijske folije, montiran na lagani fotografski stalak.

je prikazana gotova antena. Točne dimenzije pravokutnog otvora antene u različitim izvedbama mogu varirati, ali nisu proizvoljne, izračunate su prema izrazima za maksimalni dobitak antene, tako da treba slijediti izabrane specifikacije do točnosti od 1-2 cm.

Preporučamo prvo napraviti model, npr. 1:10 ili 1:5 od papira. Tako se dobije bolja ideja o mjerama i načinu rezanja. Pri izradi kutije antene (valovoda) treba izabrati karton dovoljne tvrdoće da se ne izgubi oblik, a veličinu treba odabrati prigodno prostoru i načinu prenošenja/prevoženja, ako se predviđa premještanje antene. Foliju treba ulijepiti u kutiju u što većim komadima, sa što manje spojeva.



Ako je centralni vodič SMA kabela napravljen od pojedinačne, a ne motane žicom, aktivni element antene je najjednostavnije napraviti tako da ogolimo kabel u duljini četvrtine valne duljine signala koji želimo hvatati ($21/4=5.25$ cm), ali tako da sačuvamo vodljivi omot, koji ćemo pričvrstiti u spoj s aluminijskom folijom u unutrašnjosti rog antene-to je uzemljenje antene. (FUSNOTA: Ako se radi o motanoj centralnoj žici, preporučamo za aktivni element upotrijebiti komad nemotane žice duljine 5.25 cm i izvesti što kvalitetniji spoj sa ulazom u pojačalo.)

Spoj izlaza iz aktivnog elementa antene do niskošumnog pojačala mora biti što kraći, jer želimo tokom puta signala do pojačala unijeti što manje vanjskih smetnji (koje bi onda pojačalo povećalo). Aluminijska folija mora spojena sa uzemljenjem ostatka uređaja-to najlakše provjerimo običnim ohm-metrom univerzalnog mjernog instrumenta: otpor između folije u unutrašnjosti antene i metalnog okvira SMA konktora na ulazu u pojačalo mora biti mali, ali konačan.

Za dodatno smanjenje vanjskih smetnji, najbolje je zatvoriti cijeli izlaz iz antene zajedno sa pojačalom i njegovim napajanjem (za koje iskoristimo stalne baterije ili radije vanjsku bateriju za pametni telefon, pošto pojačalo brzo istroši stalne baterije) u Faradayev kavez koji napravimo od limene kutije, iz koje izlazi samo SMA kabel prema prijemniku (FUSNOTA: U našoj izvedbi to nismo napravili, da upotrebljene komponente budu vidljive, a ne sakrivene u "crnu kutiju".).

SMA kabel od pojačala do prijemnika koji je svojim USB-om priključen u računalo može biti dulji, ali ne toliko da signal bude prigušen prije nego

dopre do prijemnika. Za početak preporučamo kabel duljine 1-3 metra. USB priključak u računalu isto može unijeti smetnje, tako da izaberimo ulaz u računalu gdje je spoj najmanje olabavljen.

Pri uključanju pojačala i radu prijemnika, treba pričekati desetak minuta da se uspostavi radna temperatura, jer pojačalo tek tada daje stabilni signal.

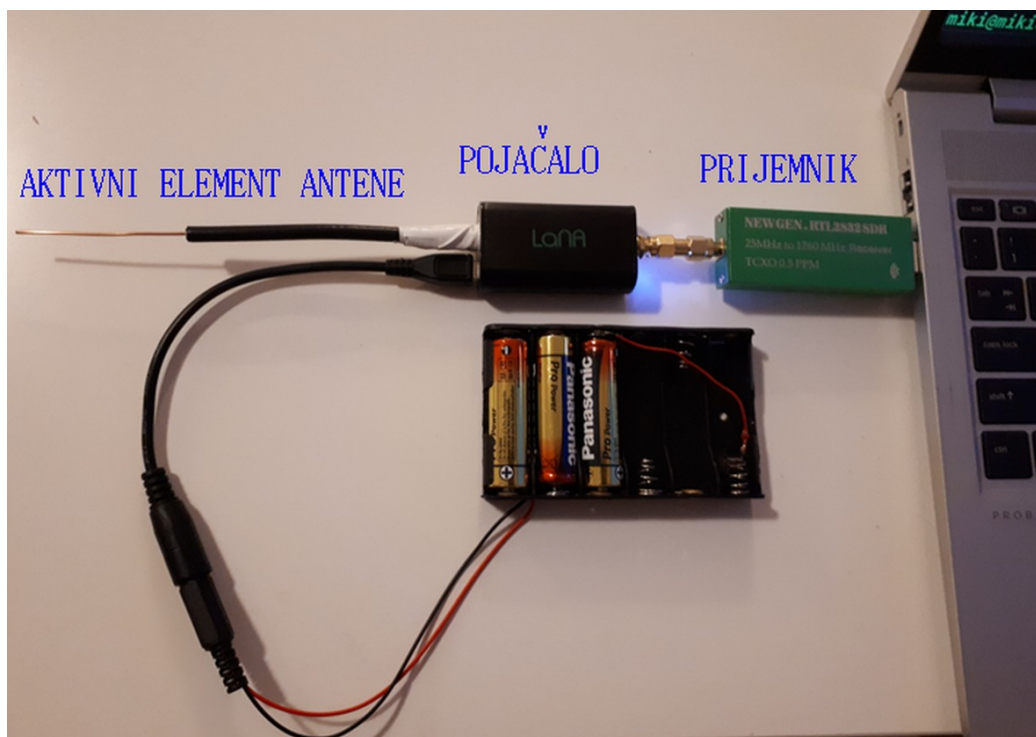
Lista potrebnih elektroničkih komponenti:

-SDR prijemnik ("dongle"). Cijena, naravno, raste s kvalitetom, ali i među jeftinijim uređajima treba paziti da se kupi originalni uređaj a ne jeftini kineski klon, koji je možda dovoljno dobar za obični UKV radio na stotinjak MHz, ali na GHz će obično biti premale kvalitete za stabilni signal. Na tržištu za amatere se trenutno visoko profilirala kompanija Nooelec, tako da se od tog naziva može započeti traganje u internetskim prodavaonicama.

-Niskošumno pojačalo (Low Noise Amplifier, LNA), Nooelec također nudi širokopojasno pojačalo koje je već postalo standardno. (FUSNOTA: U njihovu ponudi je i pojačalo sa dodatnim uskopojasnim filterima za vodikovu liniju, ali to nije nužno za početni nivo.)

-SMA konektori i koaksijalni kabeli (50 Ohm impedancije), jedan kraći, duljine oko 10 cm (po mogućnosti sa centralnim vodičem od pune, a ne pletene žice), a drugi dulji, 1-3 m. Preporučamo kupiti kabele sa već montiranim SMA konektorima, jer je za kvalitetno spajanje konektora potrebno vješto baratanje lemlicom i montaža metodom vrućeg lijepljenja.

Potrebne elektroničke komponente su pokazane na Sl.4.



SLIKA 4: Potrebne elektroničke komponente tokom testiranja.

Kao izvor napajanja LNA pojačala koristili smo bateriju za punjenje pametnog

telefona ili stalne baterije. Važno je osigurati dobre konektore, da se ne unese dodatne smetnje. Nešto skuplji prijemnici imaju opciju napajanja pojačala (bias tee), što se onda vrši kroz spoj pojačala i prijemnika, preko USB konektora prema računalu.

Računalo ne mora biti posebno moćno, ali pošto se ipak radi o obradi signala i relativno suvremenim programskim zahtjevima, nije preporučljivo koristiti starija računala nego radije solidno suvremeno računalo sa par GB RAM i bar dual-core procesorom.

Na internetu je danas moguće naći mnogo uputa za gradnju ovakvih radio teleskopa. Lako je zaboraviti koliko fantastično slabe signale želimo izvući iz sveopćeg šuma mnogo bližih signala-gradnja i upuštanje u rad ovakvog instrumenta direktno nas s time suočavaju i u tome je dodatna vrijednost ovakvog projekta. Relativno je jednostavno napraviti antenu, ali problemi nastaju pri instalaciji programske podrške i prvim mjerenjima. Zato ćemo tome posvetiti posebnu pažnju i u idućem dijelu ove kratke serije članaka ćemo u detalje opisati instalaciju i upotrebu programa za računala koji će nam omogućiti obradu registriranih signala.

Kao što je slučaj i sa optičkim teleskopima, jasno je da rezultatima nećemo konkurirati "pravim", profesionalnim teleskopima, ali zadovoljstvo da "slušamo" svemir neće time biti ništa manje! Kao što smo napisali u Uvodu, radi se o nečem što je i profesionalnim astronomima uspjelo tek nakon 1950., a u vlastitoj režiji je postalo moguće tek pred desetak godina i mi smo prva generacija koja to može samostalno izvesti!