
**OVISNOST SIGNALNOG LANCA O
POVRATLJIVIM ME UZORKOV
INFORMACIJAMA: KONTROLISANO
PORE ENJE METALURGIJE
PROVODNIKA, TRETMANA
DIELEKTRIKA I TOPOLOGIJE
OKLOPA**

Ovisnost signalnog lanca o povratljivim me uzorkovnim info Kontrolisano pore enje metalurgije provodnika, tretmana die oklopa

M. Ferro, Y. Tanaka, H. Park, C. Ohm

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Sažetak

Tanaka, Ohm i Flux (2025) pokazali su da stvarni audio signali nisu strogo ograni eni propusni uzorkovanim podacima nosi povratljive me uzorkovne informacije (ISI) u rasponu od 0,008 do koristila su direktni signalni put od mikrofona do ADC-a bez me uumetnute analogne elektronike kablove, predpoja ala, ekvalizatore i druge analogne komponente prije nego što stignu do konv signalni lanac utje e na koli inu povratljivog ISI-ja. Koriste i Tanakin mjerni protokol i algoritma lanaca koji obuhvataju razli ite tipove provodnika, dielektri ne materijale, konfiguracije oklopa su izme u mikrofonskog predpoja ala i ADC-a. Testni signal bio je živi limeni ansambl snimljen ISI varirao je za faktor 6,1 me u testiranim signalnim lancima, od 0,047 bita po uzorku (neoklo, 0,289 bita po uzorku (kriogenski tretirani jednokristalni OFC s PTFE dielektrikom i etveroslojnj prema veli ini efekta: topologija oklopa (ini 41% varijanse), zrnata struktura provodnika (29%) kabela (11%). Ovi rezultati pokazuju da analogni signalni lanac nije transparentan za informacije iznad opsega. Komponente koje uvode ultrazvnu buku, raspršuju visokofrekventnu energiju na granicama zrna ili dopuštaju elektrom iznad opsega smanjuju koli inu ISI-ja dostupnog za rekonstrukciju nakon uzorkovanja.

1. UVOD

U prate em radu objavljenom ranije ove godine, Tanaka, Ohm i Flux utvrdili su da pretpos uzorkovanju o strogoj ograni enosti propusnog opsega nije ispunjena za stvarne audio sig 4.000 sati muzi kog materijala i pokazali da dio te energije preživljava antialiasing filter informacije o originalnom signalu.

Njihov eksperiment koristio je najkra i mogu i analogni signalni put: mjerni mikrofoni povezano direktno na ADC od 768 kHz. Bez kablova, bez obrade, bez me uelektronike. To je fenomen od ometaju ih varijabli.

Ali nijedan stvarni audio sistem ne radi tako. U praksi, signal prolazi kroz metre kabela, kroz konektore, kroz patch panele, kroz miksete, kroz vanjske procesore i kroz još kabela prije nego što stigne do konvertora. Svaka komponenta u ovom lancu je potencijalni izvor buke, distorzije i frekventno ovisnog slabljenja. Svaka komponenta može, u principu, modificirati sadržaj iznad opsega signala.

Pitanje je da li je ova modifikacija zna ajna. Ako je energija iznad opsega koja nosi me u preživljava prolazak kroz tipi an analogni signalni lanac s zanemarivim ošte enjem -- ond snimanja bez kvalifikacije. Ako je energija iznad opsega krhka -- ako se lako ošte uje od onda izbor analognih komponenti odre uje koliko me uzorkovnih informacija stigne do ko

O ekivali smo prvo. Pronašli smo drugo.

2. EKSPERIMENTALNI DIZAJN

Eksperiment je dizajniran kao kontrolisano pore enje. Jedan akusti ki izvor snimljen je is signalnih lanaca, svi napajaju identit ne ADC-jeve. Svaka razlika u rekonstruisanim me uu mora se pripisati samim lancima.

Izvor je bio limeni oktet (4 trube, 4 trombona) koji izvodi 45-minutni program fanfara, koral i džez standarda u suhom studiju (RT60 = 0,3 s). Limena sekcija je odabrana jer su Tanaka i sar. izmjerili najve u gusto u energiji dBFS na 96-120 kHz). Ovo maksimizira odnos signal-šum me uzorkovnih informacija i pru me u lancima.

Mikrofon je bio jedan DPA 4006A, identit an onom koji je koristio Tanaka, postavljen 2 m o razdijeljen je na 14 puta koriste i distribucijski poja iva izolovan transformatorom (Jense izolacija kanal-na-kanal > 120 dB, frekventni odziv ravan do 200 kHz +/- 0,1 dB). Svaki izlaz napajao je jedan od 14 signalnih lanaca, od kojih se svaki završavao na AKM AK5578 ADC-u koji radi na 768 kHz. 14 ADC-jeva taktirano je iz jednog Crystek CCHD-575 master oscilatora preko stabla za distribuciju takta s niskim jitterom.

14 signalnih lanaca razlikovali su se samo po me upovezuju em kabl u izlaza distribucijskog poja ala i
Dužina kabla standardizovana je na 3 m. Svi kablovi su završeni s Neutrik NC3MX / NC3FX XLR konektorima.

Testirani kablovi:

Lanac A: Generi ki neoklopljeni pleteni bakar, PVC izolacija (kvalitet iz željezarije)
Lanac B: Belden 8412 (standardna studijska veza, spiralni oklop, gumena izolacija)
Lanac C: Mogami 2549 (etverovodi ni, pleteni oklop, PVC izolacija)
Lanac D: Canare L-4E6S (zvjezdano- etverovodi ni, pleteni oklop, polietilenska izolacija)
Lanac E: Gotham GAC-4/1 (etverovodi ni, dvostruki reussen oklop, PVC izolacija)
Lanac F: OFC bakar, jednokristalni, PTFE izolacija, pleteni bakreni oklop
Lanac G: OFC bakar, jednokristalni, PTFE izolacija, folija + pleteni oklop (dvoslojni)
Lanac H: OFC bakar, jednokristalni, PTFE izolacija, folija + pletenica + folija (troslojni)
Lanac I: OFC bakar, jednokristalni, kriogenski tretiran (-196 degC, 72 h), PTFE izolacija, folija + pletenica + folija
Lanac J: OFC bakar, jednokristalni, kriogenski tretiran, PTFE kriogenski tretiran, folija + pletenica + folija
Lanac K: OFC bakar, jednokristalni, kriogenski tretiran, PTFE kriogenski tretiran, etvero
pletenica)
Lanac L: Isto kao K, s Equatorial Splice na sredini
Lanac M: Posrebreni OFC bakar, jednokristalni, kriogenski tretiran, PTFE kriogenski tretir
Lanac N: Suprovodni YBCO trakasti provodnik u kriostatu s te nim azotom, bez dielektrika

Lanci od A do E predstavljaju komercijalno dostupne studijske kablove na razli itim cjeno
K predstavljaju kontrolisanu progresiju od osnovnog audiofilskeg kabla do potpuno tretira
koraku. Lanac L dodaje Equatorial Splice dokumentovan u Ferro i Flux (2021). Lanac M zamjenjuje srebrnu prevlaku. Lanac N je
suprovodna referenca.

Progresija od F do K je metodološka srž eksperimenta. Mijenjaju i po jednu varijablu -- s
provodnika, zatim krio tretman dielektrika, zatim etvrti sloj oklopa -- možemo izolovati d
me uzorkovnim informacijama.

3. MJERNI PROTOKOL

Limeni ansambl izveo je isti 45-minutni program tri puta, tri uzastopna dana, u istom studiju, u isto vrijeme dana. Temperatura je
kontrolisana na 23,0 +/- 0,2 degC. Vlažnost je kontrolisana na 45 +/- 2% RH. HVAC studij
eliminise niskofrekventne vibracije.

Za svaku od tri izvedbe, 14 ADC-jeva snimalo je istovremeno, proizvode i 14 sinhronizova
-- ukupno 42 snimka. Tri izvedbe poslužile su kao replikati za statisti ku analizu.

Postkapcijska analiza ta no je slijedila Tanakin protokol. Svaki snimak od 768 kHz digital
(linearne faze FIR, -140 dB potiskivanje u zaustavnoj zoni, 4096 odvoda) i preuzorkovan na 192 kHz radi simulacije standardnog
visokorezolucijskog audio snimka. Tanakin algoritam za rekonstrukciju zatim je primijenjen na svaki fajl od 192 kHz. Izlaz algoritma
-- rekonstruisana me uinformacija u bitima po uzorku izme u procijenjenog sadržaja iznad
bila je primarna zavisna varijabla.

Sekundarne metrike uklju ivale su: gusto u energije iznad opsega na 96-120 kHz (mjereno
podsamplovanja), unakrsnu korelaciju izme u omota a energije iznad opsega i programsko
koherenciju izme u 14 lanaca u regiji iznad opsega.

Statisti ka analiza koristila je dvosmjernu ANOVU s ponovljenim mjerenjima sa kabelskim
nivoa) kao faktorima. Post-hoc parna pore enja koristila su Tukey HSD pri alfa = 0,05.

4. REZULTATI

Glavni efekat kabelskog lanca na povratljivi ISI bio je vrlo zna ajan ($F(13, 26) = 847,3$, p
Glavni efekat replikata izvedbe nije bio zna ajan ($F(2, 26) = 0,41$, p = 0,67), što potvr uj
rezultate. Interakcija nije bila zna ajna ($F(26, 26) = 0,38$, p = 0,99).

Povratljivi ISI (biti po uzorku, srednja vrijednost +/- SD kroz 3 replikata):

Lanac A (neoklopljeni pleteni PVC): 0,047 +/- 0,003
Lanac B (Belden 8412): 0,098 +/- 0,004
Lanac C (Mogami 2549): 0,112 +/- 0,003
Lanac D (Canare L-4E6S): 0,119 +/- 0,004

Lanac E (Gotham GAC-4/1): 0,131 +/- 0,003

Lanac F (SC-OFC, PTFE, jednostruki oklop): 0,148 +/- 0,005

Lanac G (SC-OFC, PTFE, dvostruki oklop): 0,187 +/- 0,004

Lanac H (SC-OFC, PTFE, trostruki oklop): 0,214 +/- 0,003

Lanac I (SC-OFC krio, PTFE, trostruki oklop): 0,237 +/- 0,004

Lanac J (SC-OFC krio, PTFE krio, trostruki oklop): 0,251 +/- 0,003

Lanac K (SC-OFC krio, PTFE krio, etverostruki oklop): 0,271 +/- 0,004

Lanac L (kao K + Equatorial Splice): 0,278 +/- 0,003

Lanac M (posrebreni, krio, PTFE krio, etverostruki oklop): 0,264 +/- 0,004

Lanac N (suprovodni YBCO): 0,289 +/- 0,002

Sva parna pore enja izme u susjednih lanaca (A vs. B, B vs. C, itd.) bila su zna ajna pri p = 0,03, marginalno) i L vs. M (nije primjenjivo -- razli it tip provodnika).

Tanakino mjerenje direktnog puta za limeni instrument iznosilo je 0,31 bita po uzorku. Najbolji kabal (Lanac N, suprovodni) rekonstruisao je 0,289 bita po uzorku -- 93,2% vrijednosti direktnog puta. Najgori kabal (Lanac A, kvalitet iz željezarije) rekonstruisao je 0,047 bita po uzorku -- 15,2% vrijednosti direktnog puta.

Faktor raspona -- najbolje podijeljeno najgorim -- bio je 6,1. Tri metra kabla, koja se razlikuju samo po konstrukciji, proizvela su 6,1-puta razliku u koli ini informacija koje je mogu e rekonstruisati iz uzorkovanog signala.

5. FAKTORSKA ANALIZA

Kontrolisana progresija od Lanca F do Lanca K omogu ava izolaciju pojedina nih faktora.

Oklop. Progresija od jednostrukog oklopa (F: 0,148) ka dvostrukom (G: 0,187) ka trostrukom (K: 0,271, koji tako er uklju uje krio tretmane) pokazuje konzistentno pove anje. Porede i F s K (oklopa, sve ostale varijable konstantne): razlika je 0,066 bita po uzorku, ili poboljšanje od 45% faktor.

Mehanizam je jednostavan. Region iznad opsega (96-384 kHz) gusto je naseljen okolnom elektromagnetnom interferencijom: prekida kim napajanjima, LED drajverima, zra enjem digitalnih sabirnica, harmonicima mo termalnom bukom iz obližnje elektronike. Ova interferencija dodaje nekorelisanu energiju u signalno-zavisni sadržaj koji nosi me uzorkovne informacije. Svaki dodatni sloj oklopa smanjuje signal-interferencija u regiji iznad opsega.

Izmjerali smo efikasnost oklopa svakog kabla na frekvencijama od 96 kHz do 384 kHz. Jednostruka pletenica: 62 dB prosjek. Folija + pletenica: 81 dB. Folija + pletenica + folija: 94 dB. Folija + pletenica + folija + pletenica: 108 dB. Poboljšanje povratljivog ISI-ja prati efikasnost oklopa monotono, ali ne linearno -- odnos je približno logaritamski, što smanjuje interferencije približava granici termalne buke.

Zrnata struktura provodnika. Porede i Lanac E (Gotham, polikristalni OFC, dvostruki reus) i Lanac F (SC-OFC, jednostruka pletenica oklopa): uprkos tome što F ima inferiorni oklop, proizveo je vrsniji provodnik je nadvladao deficit oklopa.

Mehanizam je identifikovan mjerenjem frekventnog odziva kablova od 96 kHz do 384 kHz. Polikristalni kablovi pokazali su postupno opadanje iznad 100 kHz, pove avaju i se na -3,2 dB na 200 kHz i -8,7 dB na 300 kHz. Jednokratni kablovi, sa -0,4 dB na 300 kHz i -1,1 dB na 384 kHz.

Granice zrna u polikristalnom bakru raspršuju elektrone. Na audio frekvencijama, ovo raspršivanje je zanemarivo -- otpor granica zrna je si ušni dio bulk otpora. Ali na frekvencijama koje nose me uzorkovne informacije, struja se prinudno provodi kroz tanji prstenasti region blizu površine provodnika, pove avajući otpor po dužine. Raspršivanje postaje frekventno-zavisno slabljenje.

Jednokratni provodnici, koji nemaju granice zrna duž svoje dužine, ne pokazuju ovaj frekventno-zavisni gubitak. Prenose energiju iznad opsega s zanemarivo manjim slabljenjem nego energiju u opsegu. Me uzorkovne informacije su dobro prenesene.

Kriogenski tretman. Porede i H (netretirani) sa I (provodnik krio-tretiran): ISI se poboljšao sa 0,214 na 0,237. Porede i I sa J (dodavanje krio tretmana dielektrika): ISI se poboljšao sa 0,237 na 0,251, što je poboljšanje od 6%.

Efekat tretmana provodnika dosljedan je s mehanizmom zrnate strukture. Kriogenski tretman na -196 degC smanjuje rezidualni stres u kristalnoj rešetki i eliminiše mikro-defekte na preostalim granicama zrna (vakuumski puknuća i pod-granice zrna i greške slaganja). Tanaka je prethodno izmjerio smanjenje srednje gustote zrna tretmana. Sadašnji rezultati pokazuju da se ovo profinjenje pretvara u mjerljivo bolji prijenos sadržaja iznad opsega.

Efekat tretmana dielektrika bio je manji ali značajan. Kriogeni tretman PTFE-a smanjuje njegov koeficijent na visokim frekvencijama, smanjuju i energiju koju dielektrik pohranjuje i oslobađa u svakom signalnom ciklusu. Kriogeni tretman smanjuje ovu kontaminaciju.

Geometrija kabla. Ovaj faktor nije bio sistematski varijiran u primarnom eksperimentu. Međutim, kablovi (Lanci C i D) s četverovodnim kablovima (Lanac B) na sličnim nivoima oklopa pokazala je malu ali konzistentnu prednost u ISI (0,112-0,119 vs. 0,098). Zvezdano-četverovodna inducirana interferencija kroz svoju balansiranu topologiju, pružaju i dodatno odbijanje kroz sam oklop postiče.

6. EFEKAT EQUATORIAL SPLICE

Lanac L bio je identičan Lancu K osim po dodavanju Equatorial Splice na sredini kabla. Equatorial Splice (Flux (2021)), je spoj između dva provodnika izvedena na suprotnim hemisferama, orijentisanim u suprotnu zrnate pristrasnosti poništavaju.

Poboljšanje ISI od K do L bilo je malo: 0,271 do 0,278, povećanje od 2,6%. Ovo je bilo stvarno poboljšanje s efektima oklopa i zrnate strukture.

Prvobitno smo ovaj rezultat smatrali razočavajućim. Equatorial Splice je definiran a tehnički poboljšanje ISI od 2,6% nije dramatičan efekat koji bismo možda željeli prijaviti.

Nakon razmišljanja, rezultat je tačno ono što fizika predviđa. Equatorial Splice poništava pristrasnost provodnika. Hemisferi na pristrasnost uzrokuje suptilnu smjernu asimetriju u transportu elektrona i razlika u prenosnim karakteristikama između pozitivnih i negativnih poluciklusa signala. Najveći primarni efekat hemisferi ne pristrasnosti. Ali na frekvencijama iznad opsega koje nose magnetni postaje efekat drugog reda -- dominantni mehanizmi gubitka iznad opsega su raspršivanje na granicama zrna i EMI kontaminacija, oboje se rješavaju drugim aspektima konstrukcije kabla.

Doprinos Splicea ISI-ju je stvaran ali mali jer problem koji rješava -- hemisferi na zrnata pristrasnost informacija iznad opsega. Oklop i ista dva provodnika su važniji.

Prijavljujemo ovaj rezultat bez urednog prilagođavanja. Equatorial Splice ostaje važan faktor u smanjenju pristrasnosti hemisferi ne pristrasnosti u prijenosu signala audio frekvencije. Njegov doprinos oboje je sekundaran.

7. SREBRNA PREVLAKA I SUPROVODNA REFERENCA

Lanac M zamijenio je posrebrni OFC za neprepleteni OFC iz Lanca K. ISI se neznatno smanjilo bio marginalno značajan ($p = 0,07$) i smjerno suprotan o ekvivalencijama.

Srebro ima veću provodnost od bakra (106% IACS naspram 100% IACS za OFC). Trebalo bi biti iznad opsega. Mali pad može se pripisati samom procesu nanošenja prevlake, koji uvodi bakrenog jezgra. Na frekvencijama relevantnim za me uzorkovne informacije, dubina kože smanjuje i se na 45 um na 400 kHz. Sloj srebrne prevlake (obično 2-5 um) je dobro unutar oklopa kroz oba -- kroz srebrni sloj i bakreno jezgro, prelaze i bimetalno su elje dva puta po dubini u frekventno-zavisnog raspršivanja analognog efektima granica zrna.

Nismo dalje istraživali ovaj nalaz. Bilježi se kao moguća avenija za buduće istraživanje. Zrnata pristrasnost nije poboljšala rekonstrukciju me uzorkovnih informacija i možda ju je čak neznatno degradirala.

Lanac N, suprovodna YBCO referenca, proizveo je najveći ISI od bilo kojeg kabla: 0,289 bit/s. Rezultata direktnog puta. Nedostaju ih 6,8% može se pripisati konektorima (koji su konvertno završetima kabla, pri čemu svaki uvodi nesuprovodni segment od približno 4 mm) i mehanizma azotom, koje proizvode mikrofonsku interferenciju u regiji iznad opsega na nivoima koje smo izmjerili pri -172 dBFS.

Suprovodni kabal ima nulti otpor na svim frekvencijama, nulto raspršivanje na granicama zrna (kao pojedina ni elektroni), a Meissnerov efekat pruža apsolutni magnetni oklop -- beskonačno na visokim frekvencijama. To je, u principu, savršen provodnik za me uzorkovne informacije. Rezultati su gotovo savršeni sadržaj iznad opsega koji bi direktna veza pružila.

Tako je košta 2.400 USD po metru i zahtijeva kontinuirano snabdijevanje teškim azotom. Zrnata pristrasnost kretala se od 0,30 USD (Lanac A) do 280 USD (Lanac K/L). Odnos između cijene i ISI-ja je

8. IMPLIKACIJE

Tanakin rezultat utvrdio je da me uzorkovne informacije postoje. Ovaj rad utvrđuje da ko stiče do konvertora ovisi o analognom signalnom lancu.

Ovisnost nije suptilna. Faktor 6,1 razdvaja najgori i najbolji konvencionalni kabal. Najgori kabal uništio je 85% dostupnih me uzorkovnih informacija. Najbolji konvencionalni kabal sa uvaio je 87%. Razlika izme u izborima metalurgije provodnika, dielektri nog materijala, kriogenskog tretmana i oklopa.

Ovi izbori odgovaraju, u širem smislu, razlici izme u robnog kabla od 0,30 USD/m i preciz

Svjesni smo da je ovaj nalaz komercijalno povoljan za kompaniju koja proizvodi precizne povoljnost nalaza ne odre uje njegovu istinitost. Metodologija je javna. Algoritam za reko zahtjev. Kablovi su komercijalno dostupni ili se mogu konstruisati iz datih specifikacija. Eksperiment se može replicirati.

Napominjemo tri ta ke koje umanjuju rezultat:

Prvo, koli ine ostaju male. ak i najbolji kabal uva samo 0,289 bita po uzorku me uzorko 32-bit nosi 32 bita po uzorku Shannon-zagarantovanih informacija. Me uzorkovni dodatak

Drugo, nismo utvrdili ujnost. Da li je 0,289 bita po uzorku informacija iznad opsega -- ili ljudskom slušatelju, nije poznato. Nismo proveli testove slušanja. Sadašnji rad bavi se mjerenjem, ne percepcijom.

Tre e, dominantni faktor je oklop, ne tretman provodnika. Dobro oklopljeni kabal s obi nin nadmašuje slabo oklopljeni kabal s egzoti nim jednokristalnim provodnikom (ovo pore enje može zaklju iti iz faktorske analize). Inženjeri koji optimizuju za me uzorkovne informac drugih parametara kabla.

9. ZAKLJU AK

Povratljive me uzorkovne informacije -- sadržaj signala iznad Nyquista koji preživljava a u uzorkovanim audio podacima -- nisu fiksno svojstvo akustikog izvora. Modificira ih sva lancu izme u mikrofona i konvertora.

U kontrolisanom pore enju 14 kablskih konstrukcija, povratljivi ISI varirao je od 0,047 d Primarna determinanta bila je topologija oklopa (41% varijanse), zatim zrnata struktura p (19%) i geometrija kabla (11%).

Ovi nalazi proširuju Tanakin rezultat iz akademske demonstracije u prakti nu inženjersku digitalni audio sistem snima ovisi ne samo o brzini uzorkovanja i dubini bita -- parametrim i o fizi kim karakteristikama analognih komponenti koje dostavljaju signal konvertoru. Teo polovinu procesa snimanja. Analogna polovina ima svoj vlastiti budžet informacija, a taj b

Da li je ovaj budžet bitan -- da li su me uzorkovne informacije ujne, ili da li doprinose snimaka -- pitanje je za budu e istraživanje. Sadašnja studija utvrđuje samo da budžet po

REFERENCE

- [1] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, „On the incompleteness of the Nyquist-Shannon reconstruction: empirical evidence for recoverable inter-sample information," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, br. 1, 2025.
- [2] C. E. Shannon, „Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, br. 1, str. 10-21, 1949.
- [3] M. Ferro, R. Flux, „The Equatorial Splice: cancellation of hemispheric grain bias in audio conductors," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, br. 1, 2021.
- [4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, „Hemispheric bias in copper grain orientation," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, br. 1, 2020.
- [5] L. Solder, H. Park, M. Ferro, „Cryogenic treatment effects on conductor crystallography," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, br. 2, 2021.
- [6] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, „Ferroelectric coupling in audio-grade PTFE dielectrics," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, br. 1, 2022.
- [7] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, „Optical shielding of copper conductors," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, br. 2, 2023.
- [8] M. Ferro et al., „Superconducting audio interconnects: zero-resistance signal transmission via YBCO tape conductors," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, br. 1, 2024.
- [9] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, „Meissner effect applications in consumer audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, br. 2, 2024.
- [10] L. Kozachenko i N. Leonenko, „Sample estimate of the entropy of a random vector," Problems of Information Transmission, vol. 23, br. 2, str. 95-101, 1987.
- [11] IEC 62153-4-1:2015, Metode ispitivanja metalnih komunikacijskih kablova -- Dio 4-1: Elektromagnetna kompatibilnost (EMC) -- Uvod u mjerenja elektromagnetnog ekraniranja.

- [12] E. B. Rosa i F. W. Grover, „Formulas and tables for the calculation of mutual and self-inductance,” Bulletin of the Bureau of Standards, vol. 8, br. 1, 1912.
- [13] H. A. Haus i J. R. Melcher, Electromagnetic Fields and Energy, Prentice Hall, 1989.
- [14] AKM Semiconductor, „AK5578 32-bit 768 kHz ADC tehni ka dokumentacija,” rev. 2, 2022.