



Zbornik šeste nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem pod nazivom

# Primena slobodnog softvera i otvorenog hardvera PSSOH 2023

U Beogradu, oktobra 2023. godine

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet



Zbornik šeste nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem pod nazivom

# Primena slobodnog softvera i otvorenog hardvera PSSOH 2023

U Beogradu, februara 2024. godine

**Naučni odbor / Scientific Board**

Vanr. prof. Miloš Cvetanović  
Vanr. prof. Nadica Miljković  
Vanr. prof. Vladimir Milovanović  
Prof. Jaka Sodnik  
Prof. Gordana Gardašević  
Viši dipl. bibliotekar Milica Ševkušić  
Dipl. inž. Dragan Satarić  
Vanr. prof. Branislav Gerazov  
MS. Biljana Kosanović  
Vanr. prof. Zaharije Radivojević  
Prof. Miloš Daković  
Nauč. savetnik Miloš Đorđević

**Urednički i organizacioni odbor / Editorial and Organizational Board**

Vanr. prof. Nadica Miljković  
Vanr. prof. Miloš Cvetanović  
Doc. Miloš Bjelić

**Spoljni organizacioni odbor / External Organizational Board**

Dipl. psihol. Đurđa Timotijević  
Prof. Iris Žeželj  
Nauč. savetnica Ljiljana Lazarević  
Viši dipl. bibliotekar Milica Ševkušić  
Prof. Platon Sovilj  
Dipl. inž. Bojana Satarić  
Nauč. saradnica Dejana Pavlović

**Logo and cover designed by / Logo i naslovnu stranu dizajnirala je**

Dipl. inž. Dragica Nikolić

**Organizacioni odbor / Organisational Board**

Dipl. inž. Nikola Todorović, Chairperson  
Dipl. inž. Dragica Nikolić  
Dejan Petković  
M.Sc. Živana Garašević  
Dipl. inž. Mihajlo Pavlović  
M.Sc. Pavle Radojković  
M.Sc. Ilija Tanasković  
Dipl. inž. Nikolina Škorić

**Izdavači / Publishers**

Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet /  
University of Belgrade – School of Electrical Engineering i / and  
Akademska Misao / Academic Mind

**Štampa / Printed by**

Akademska Misao / Academic Mind

**ISBN: 978-86-6200-009-5**

**Tiraž / Number of copies: 50**

**Mesto i godina izdanja / Place and year of publication**

Beograd, 2024. / Belgrade, 2024

University of Belgrade – School of Electrical Engineering



Proceedings of the Sixth National Conference with International Participation titled

# Application of Free Software and Open Hardware PSSOH 2023

In Belgrade, February 2024.





## Predgovor šestoj PSSOH konferenciji

Na Elektrotehničkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu u 2023. godini održana je 6. dvojezična nacionalna konferencija pod nazivom Primena slobodnog softvera i otvorenog hardvera (PSSOH) sa međunarodnim učešćem. Uz saglasnost predavača, kao i ranijih godina, omogućili smo snimanje predavanja, te se veći broj video snimaka nalazi na YouTube kanalu konferencije. Posebno smo zadovoljni činjenicom da je vreme učešća na daljinu iza nas što je rezultovalo većom posećenošću konferencije u odnosu na prethodne dve godine. PSSOH konferencija je ostala verna tradiciji koja podrazumeva promociju Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, ako i priliku za sve posetioce da uzmu učešća u diskusijama nakon predavanja i u pauzama sa ciljem umrežavanja i razmenjivanja ideja, ali i predstavljanja rezultata u oblasti slobodnog softvera, otvorenog hardvera, otvorene nauke i zastupljenosti žena i manjinskih grupa u elektrotehnici i računarstvu.

Zbornik, sada već tradicionalno, objavljujemo nakon što je konferencija završena pružajući mogućnost publici da javno recenzira radove uz priliku da pristupimo ovom odgovornom poslu uz što manje opterećenje drugim akademskim obavezama. Svi radovi su i ove godine postavljeni na Zenodo repozitorijumu u otvorenom dijamantskom pristupu.

PSSOH konferencija je zasnovana na volonterskom radu uredničkog odbora, recenzenata i organizacionog odbora, te kotizacija na PSSOH konferenciji za autore ne postoji, a registracija se ne naplaćuje. Veliku zahvalnost dugujemo plenarnom predavaču i autorima bez čijih velikodušnih doprinosa i prezentacija PSSOH konferencija ne bi ni bila moguća. Posebno bi smo istakli plenarno predavanje prof. Sanlija Faeza koji je predstavio značaj otvorenog hardvera za opšte dobro iz ugla akademskog profesora uz predstavljenje primene otvorenog hardvera u istraživanju, obrazovanju i prenosu tehnologije. Predavanje je privuklo interes velikog broja studenata koji rade sa otvorenim hardverom od kojih neki već imaju zapaženo iskustvo.

Konferenciju je svečano otvorio dekan Elektrotehničkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu dr Dejan Gvozdić, redovni profesor, a ispred Uredničkog odbora, prisutnima se obratio dr Miloš Cvetanović, vanredni profesor. Pored plenarne sesije, PSSOH konferencija je uključila i glavnu sesiju sa četiri predavanja po pozivu. Prvo predavanje su održale studentkinje Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu Marija Ratković i Tijana Đorđević i predstavile naučno-istraživački rad usmeren ka prostorno-vremenskoj obradi signala koja je implementirana na otvorenog hardveru u sklopu lepeze istraživanja koja se već dugi niz godina sprovode u Laboratoriji za akustiku na Fakultetu. Student Miloš Rašić je u svom predavanju publiku upoznao sa sopstvenim iskustvom u radu sa otvorenim hardverom koje je pretežno zasnovano na primeni Arduino mikrokontrolerskih pločica. Predavanje je uključilo razvoj otvorenog hardvera počevši od nabavke prve Arduino UNO pločice pa sve do realizacije funkcionalnog drona i rovera za istraživanje planete Mars (što je prikazano u Miloševom diplomskom radu pod mentorstvom dr Koste Jovanovića, vanrednog profesora). Dr Branislav Gerazov, vanredni profesor sa Fakulteta za elektrotehniku i informacione tehnologije sa Univerziteta svetog Ćirila i Metodija u Skopju je zajedno sa Kristijanom Husakom iz Stikermjula u SAD predstavio rad na temu pregleda postojećih alata za upravljanje zadacima. Prof. Gerazov je tokom svog predavanja demonstrirao mogućnosti nvim-orgmode aplikacije za efikasno upravljanje vremenom na primeru akademskog posla, a posebno je istakao činjenicu da je predstavljena aplikacija slobodan softver otvorenog koda. Dr Biljana Dojčinović, redovna profesorka sa Filološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu je predstavila rezultate dugogodišnjeg rada na projektu *Knjiženstvo*, gde je posebnu pažnju privukao ogroman napor koji su profesorka i njen tim uložili u organizovanje i održivost baze *Knjiženstvo* koja već 13 godina ima ključnu ulogu u očuvanju ženskog kulturnog stvaralaštva i nasleđa u Srbiji. Dr Miloš Bjelić, docent je zatvorio PSSOH konferenciju ispred Uredničkog odbora. Velika pažnja je u pauzama između predavanja bila usmerena ka otvorenom hardveru koji je sa sobom doneo student Miloš Rašić. Ove godine se možemo pohvaliti post-konferencijskom otvorenim panel diskusijom koju je moderirala Milica Ševkušić na temu *vendor-lock-in* i značaja otvorenih infrastruktura na primeru otvorene nauke što je bio odličan povod da PSSOH obeleži Nedelju otvorenog pristupa (eng. *Open Access Week*) sa temom u 2023. godini Zajednica ispred komercijalizacije (eng. *Community over Commercialization*).

U skladu sa najavom iz 2018. godine, proverili smo da li ima autora sa Elektrotehničkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu koji su slobodno podelili svoje elektronske udžbenike, ali na žalost u 2023. godini ih nije bilo, tako da je u ovom Zborniku izostavljen deo koji se odnosi na otvorene nastavne materijale.

Organizacija PSSOH konferencije je podržana od strane velikog broja pojedinaca, ustanova, kompanija i udruženja i mi se izvinjavamo ako nismo u mogućnosti da ih sve spomenemo. Najzahvalniji smo našim dugogodišnjih donatorima iz Akademske Misli iz Beograda, ali i LotusFlare kompaniji koja i ove godine pokrila troškove štampanja majica sa PSSOH logom. Na dugogodišnjem angažmanu u organizaciji PSSOH konferencije, posebno smo zahvalni Nikoli Todoroviću (sada diplomiranom inženjeru) jer bez njegovog rukovođenja Organizacionim odborom, PSSOH bi bilo veoma teško zamisliti. Dodatno, voleli bi smo da istaknemo sve članove ovogodišnjeg Organizacionog odbora uz zahvalnost njihovom nesebičnom doprinosu: student Dejan Petković, studentkinja master akademskih studija Dragica Nikolić, dipl. inž. el. i rač. - master Živana Garašević, student master akademskih studija Mihajlo Pavlović, dipl. inž. el. i rač. - master Pavle Radojković, student doktorskih akademskih studija Ilija Tanasković i studentkinja master akademskih studija Nikolina Škorić.

U duhu PSSOH tema i sa željom da promovišemo slobodan softver i uz veliku zahvalnost Italu Vinjoliju na nesebičnoj podršci kroz tri godine učešća na PSSOH konferenciji, ovaj Zbornik smo pripremili u programskom paketu LibreOffice.

U Beogradu, 19. februara 2024. godine

**Urednički odbor PSSOH konferencije**

## Foreword to the Sixth PSSOH Conference

The sixth bilingual national PSSOH<sup>1</sup> conference with international participation was held in 2023 at the University of Belgrade – School of Electrical Engineering (ETF). Following the procedure established in previous years and with the lecturers' consents, we recorded lectures and uploaded videos to our YouTube channel. We are particularly pleased with the fact that the time of remote participation is behind us and that we reached higher attendance compared to the previous two years. The PSSOH conference remained loyal to its established tradition, which incorporates the promotion of the School of Electrical Engineering, University of Belgrade, and provides the opportunity for all visitors to take part in discussions after lectures and during breaks with the aim of networking, exchanging ideas, and presenting results in the field of free software, open hardware, open science, as well as the representation of women and minority groups in electrical engineering and computer science.

We publish the Proceedings, now customarily, after the conference, giving the chance to audience to publicly review the papers and with the opportunity for us to approach this responsible work with as little burden as possible from other academic obligations. As in previous years, all PSSOH papers have been uploaded to the Zenodo repository in open access (Diamond Open Access).

The core of the PSSOH conference lies in the volunteering work of the Editorial Board, Reviewers and the Organizational Board. Authors do not pay fees for presenting at the PSSOH conference and registration is not charged to our audience. We owe a great deal of gratitude to the plenary Lecturer and to all Authors as without their generous contributions and interesting presentations the PSSOH conference would not have been possible. We would especially like to accentuate the memorable plenary lecture held by Prof. Sanli Faez, who presented the importance of open hardware for the common good from the point of view of an academic professor, and at the same time highlighted the application of open hardware in research, education, and within technology transfer. Lecture held by Prof. Faez attracted the interest of a large number of students working with open source hardware, some of whom already have substantial experience.

The conference was formally opened by the ETF Dean Prof. Dejan Gvozdić while PSSOH Editor Assoc. Prof. Miloš Cvetanović welcomed the audience and lecturers. In addition to the Introductory and Plenary sessions, the PSSOH conference included the main PSSOH session with four invited lectures. The first lecture was held by ETF students Marija Ratković and Tijana Đorđević. They presented research focused on space-time signal processing with implementation on open hardware as a part of interesting research themes carried out in the Laboratory for acoustics at the School of Electrical Engineering, University of Belgrade. In next lecture, student Miloš Rašić introduced the audience to his own experiences in working with open hardware, which is mainly based on the application of Arduino microcontroller boards. The lecture included experiences in the open hardware development from the procurement of the first Arduino UNO board to the design of a functional drone and space exploration rover (which was also previously presented in Miloš's Bachelor Thesis under the mentorship of Prof. Kosta Jovanović at ETF). Prof. Branislav Gerazov from the Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies, University of St. Cyril and Methodius in Skopje, together with Dr. Kristijan Husak from Stickermule in the USA, submitted a paper comprising an interesting overview of existing tools for task management. During his lecture, Prof. Gerazov demonstrated the capabilities of the nvim-orgmode task management tool which is free and open-source application software for efficient time management with the live example for academic tasks. Prof. Biljana Dojčinović from the Faculty of Philology, University of Belgrade presented the results of a multi-year work on the *Knjiženstvo* project. The audience was left with the cognition how Prof. Dojčinović and her team invested impressive effort in the creation and sustainability of the *Knjiženstvo* database, which for 13 years has played a key role in preservation of women's cultural artistry and heritage in Serbia. Prof. Miloš Bjelić closed officially the PSSOH conference on behalf of the Editorial Board. A lot of attention during the breaks between lectures was focused on the open hardware that student Miloš Rašić brought with him. This year we can be proud of the post-conference open panel discussion moderated by Milica Ševkušić and related to the

---

<sup>1</sup> PSSOH is an acronym in Serbian language from *Primena Slobodnog Softvera i Otvorenog Hardvera* (eng. Application of Free Software and Open Hardware)

vendor-lock-in and the importance of open infrastructures on the example of open science, which was an excellent occasion for PSSOH to celebrate Open Access Week with the 2023 theme: Community over Commercialization.

In accordance with the announcement from 2018, we investigated whether there were any Authors from ETF who freely distributed their electronic textbooks, but unfortunately there were none in 2023, so the presentation of Open Teaching Materials is omitted from the PSSOH Proceedings in 2023.

The organization of the PSSOH conference is supported by a large number of individuals, institutions, companies, and associations and we apologize if we failed to mention them all. We are most grateful to our long-term supporters from Academic Mind from Belgrade, but also to the LotusFlare company, which covered the costs of printing T-shirts with the PSSOH logo this year as well. Specifically, we express our kind gratitude to ETF Alumnus dipl. eng. Nikola Todorović for his long-term service in the organization of the PSSOH conference, because without his leadership of the Organizational Board, PSSOH would be very difficult to imagine in its current form. Also, we would like to highlight all the members of Organizational Board in 2023 with thanks for their altruistic and public-spirited contribution: student Dejan Petković, M.Sc. student Dragica Nikolić, M.Sc. Živana Garašević, M.Sc. student Mihajlo Pavlović, M.Sc. Pavle Radojković, Ph.D. student Ilija Tanasković, and M.Sc. student Nikolina Škorić.

In the spirit of PSSOH themes, with the desire to promote free software, and with sincere gratitude to Italo Vignoli for his generous support and for three years of active participation in the PSSOH conference, we have prepared this Proceedings in the LibreOffice.

In Belgrade, February 19, 2024.

**Editorial Board of the PSSOH Conference**

## Sadržaj / Table of Contents

### Plenarna sesija / Session

Open-source Hardware for the Common Good .....	6
--	---

### PSSOH sesija sa predavanjima po pozivu / PSSOH Session With Invited Lectures

Prostorno-vremenska obrada signala za zvučnice i mikrofonske nizove .....	7
From the First Arduino to a Space Exploration Rover and a Functional Drone: Experiences from a Student's Perspective .....	23
Powerful and Efficient Event Management with nvim-orgmode .....	32
Projekat <i>Knjiženstvo</i> – ženska književnost i digitalna humanistika .....	38

Spisak autora(ki) / List of Authors .....	46
---	----

# OPEN HARDWARE FOR THE COMMON GOOD

Sanli Faez

Debye Institute for Nanomaterials Research, Utrecht University, 3584 CS Utrecht, The Netherlands  
e-mail address: [s.faez@uu.nl](mailto:s.faez@uu.nl)

## ABSTRACT FOR THE PLENARY LECTURE

Open science practices are becoming the norm in academia, and are encouraged by funders, the scientific community, and academic service providers. Open hardware is an essential pillar of open science, because there is little chance of reproducing an experiment without having thorough access to the necessary methods and equipment. But, making hardware blueprints accessible is an area of contention because of the historical path of the knowledge transfer practices and conflicts that are still unresolved.

Beyond academia, open hardware has the potential to radically transform science, education, and society by facilitating collaborative innovation and democratizing access to technology. It can massively accelerate the transition of an invention into a useful product, and simultaneously reduce costs and promote sustainable practices.

In this talk, from the perspective of an academic researcher, I will reflect on the relation and contention between developing open-source hardware and the three major pillars of contemporary research universities: 1- education, 2- research, and 3- knowledge transfer. I will present an overview of opportunities and dilemmas that open science poses for the academic community on taking each of these roles, and explore some options for resolving potential conflicts.

**Keywords:** collaboration, education, innovation, knowledge transfer, open hardware, open science, research.

# PROSTORNO-VREMENSKA OBRADA SIGNALA ZA ZVUČNIČKE I MIKROFONSKE NIZOVE

Miloš Bjelić<sup>1</sup>, Tijana Đorđević<sup>1</sup>, Marija Ratković<sup>1</sup>, Nebojša Kolarić<sup>1</sup>

1: Elektrotehnički fakultet, Univerziteta u Beogradu, 11000, Beograd, Srbija  
elektronska pošta: [bjelic@etf.rs](mailto:bjelic@etf.rs), [dt213283m@student.etf.bg.ac.rs](mailto:dt213283m@student.etf.bg.ac.rs),  
[rm223039m@student.etf.bg.ac.rs](mailto:rm223039m@student.etf.bg.ac.rs), [kn223087m@student.etf.bg.ac.rs](mailto:kn223087m@student.etf.bg.ac.rs)

## REZIME

Ovaj rad podeljen je na dve velike celine, koje se bave mikrofonskim i zvučničkim nizova. Obe celine bave se prostorno-vremenskom obradom signala implementiranoj na otvorenom hardveru. Usmereni zvučni izvori predstavljaju nezaobilazan element u realizaciji audio sistema, bilo da se radi o otvorenom ili zatvorenom prostoru koji je potrebno pokriti direktnim zvukom. U ovom radu prikazani su koncepti kontrole usmerenosti dva zvučnička sistema pomoću algoritama za prostorno-vremensku obradu signala implementiranih na otvorenom hardveru. Zvučnički sistemi sastojali su se 12 zvučnika, odnosno 16 zvučnika, i procesora sa isto toliko izlaza, koji omogućava nezavisnu obradu signala za svaki zvučnik ponaosob. U radu je prikazan algoritam za prostorno-vremensku obradu signala koji omogućava usmeravanje za jedan i dva prostorna ugla, kao i algoritam za minimizaciju uticaja izraženih bočnih lobova zvučničkog niza. U radu su prikazana dva algoritma za primenu nad signalima sa linearnog mikrofonskog niza sa 8 mikrofona. Testirana je mogućnost upotrebe otvorenog hardvera za određivanje pravca nailaska zvuka na mikrofonski niz. Drugi algoritam implementiran u ovom radu tiče se izdvajanja signala iz željenog pravca pomoću mikrofonskog niza. Svi algoritmi u ovom radu implementirani su na otvorenom hardveru tako da se obrada signala vrši u realnom vremenu.

**Ključne reči:** bela hardver, mikrofonski nizovi, obrada signala, otvoreni hardver, prostorno-vremenska obrada, zvučnički nizovi.

## 1 Uvod

Zvučnički sistemi koji se koriste u sistemima za ozvučavanje treba da prenesu zvučni sadržaj do slušalaca koji se nalaze u određenom delu prostora. Zvučna energija koja odlazi u deo prostora na kome nema slušalaca na otvorenom prostoru predstavlja problem, a u prostorijama ima negativne posledice na percepciju zvuka jer dodatno pobuđuje reverberacioni proces [1]. Zbog toga se u sistemima za ozvučavanje koriste usmereni zvučnički sistemi da bi se najveći deo zvučne snage slao u prostor gde se nalaze slušaoci. Usmereni zvučnički sistemi podrazumevaju da se grupa zvučnika nalazi na jednoj lokaciji i koncentrisani u jedinstven sistem. U ovu grupu zvučničkih sistema spadaju takozvani *Line array* sistemi [2], kod kojih se usmerenost postiže tako što je zvučnička skupina zakrivljena, tj. pojedinačni zvučnici se nalaze na različitim udaljenostima od mesta prijema.



U ovom radu koriste se dva zvučnička sistema realizovana u Laboratoriji za Akustiku Elektrotehničkog fakulteta koji spadaju u grupu usmerenih zvučnih izvora i sastoji se od grupe zvučnika postavljenih u nizu [3], [4]. Kod ovakvog sistema usmeravanje se ne vrši fizičkim pomeranjem u prostoru pojedinačnih zvučnika u zvučničkoj skupini, kao kod standardnih Line array sistema, već odgovarajućom predobradom signala, dok se zvučnici nalaze nepomični u duž fiksne ose. Svaki od zvučnika u ovom zvučničkom nizu ima nezavisno pretprocesiranje signala i pojačanje. Time je omogućeno da se kontroliše usmerenost sistema u celini. Ovakvi sistemi imaju nekoliko prednosti u odnosu ostale usmerene zvučničke sisteme. Prva je to što se kontrola usmerenosti ostvaruje bez fizičkog pomeranja zvučnika i podešavanja uglova između njih. Na taj način promene je moguće uvoditi i daljinski, preko namenske mreže ili preko Interneta. Druga prednost je to što se može postići veća usmerenost [5]. Treća prednost ovakvog sistema je u tome što se usmerenost i dobro pokrivanje mogu ostvariti sa manjim fizičkim dimenzijama sistema.

Zvučnički stubovi sa ugrađenim pojačavačima i procesorom za predobradu signala predstavljaju osnovni element u savremenom konceptu ozvučavanja kako na otvorenom, tako i u zatvorenom prostoru. Ovakvi zvučnički sistemi su komercijalno dostupni, ali modeli koji se nude na tržištu su zatvoreni, i u njima se ne može sagledati unutrašnja logička struktura pripreme signala [6]. Njihovi proizvođači ne dozvoljavaju uvid u rad sistema niti mogućnost samostalnog unapređivanja kroz implementaciju naprednih algoritama za obradu audio signala. To znači da sisteme koji se mogu nabaviti na tržištu nije moguće modifikovati i unapređivati, što sa istraživačkog aspekta predstavlja ograničenje. U literaturi postoje osnovne naznake o funkcionisanju takvih zvučničkih sistema, ali ne i detaljniji opisi [7]. Uz to, cena takvih sistema je veoma visoka. Zbog toga je izrada ovakvih zvučničkih sistema istraživačko-razvojni zadatak. U ovom radu prikazana je realizacija naprednih algoritama za prostorno-vremensku obradu signala na otvorenom hardveru za kontrolu dijagrama usmerenosti zvučničkih nizova. Biće prikazan način realizacije usmerenosti za jedan i dva prostorna ugla. Kod ovih algoritama javlja se problem bočnih lobova u dijagramu usmerenosti. U ovom radu biće prikazan i način da se prevaziđe ovaj problem.

Drugi deo ovog rada predstavljaju algoritmi za prostorno-vremensku obradu signala sa mikrofonskih nizova, realizovanih na otvorenom hardveru. Mikrofonski niz je sistem sastavljen od više mikrofona postavljenih u određenom rasporedu u prostoru. Ovaj raspored mikrofona se često naziva geometrija niza [8]. Usmerenost mikrofonskog niza podrazumeva usmeravanje prostorne karakteristike osetljivosti, odnosno nejednako prikupljanje zvučne energije po svim pravcima [9]. Posledica usmerenosti mikrofona je da zvučni signali koji potiču od dva izvora isto udaljena od mikrofona, ali na različitim pozicijama neće imati istu energiju. Mikrofonski nizovi predstavljaju jednu vrstu specijalne mikrofonske konstrukcije koja povećava usmerenost, bolje izdvajaju signal iz željenog smera od standardnih mikrofona. Kada signal koji dolazi do sistema nije u osi sistema rezultatni signal će biti manji nego signal u osi, jer se pojavljuju fazne razlike zbog kašnjenja između mikrofonskih signala. Sabiranje komponenti sa mikrofona se dešava u električnom domenu zato je moguće menjati pravac maksimalne osetljivosti mikrofonskog niza. To se obezbeđuje uvođenjem dodatnog selektivnog kašnjenja na pojedinačnim mikrofonskim signalima da bi se obezbedilo fazno poklapanje. Na ovaj način, kontrolom u električnom domenu se obezbeđuje sistem kome je moguće menjati usmerenost.

Mikrofonski nizovi se mogu podeliti u dve kategorije. Prva podela mikrofonskih nizova je po međusobnog rastojanja između svakog mikrofona i oni se dele na: uniformne (ekvidistantne) i neuniformne (neekvidistantne) [8]. Uniformni mikrofonski nizovi imaju jednako rastojanje između svaka dva susedna mikrofona, dok neuniformni nizovi nemaju nikakvu pravilnost, rastojanja između dva susedna mikrofona nikad nisu jednaka. Druga podela zavisi od geometrije i mikrofonski nizovi mogu da budu: linearni (1D) [9], planarni (2D) [10] i prostorni (3D) [11]. U slučaju linearnih mikrofonskih nizova pozicija mikrofona je određena samo jednom koordinatom u Dekartovom koordinatnom sistemu. Planarni mikrofonski nizovi su postaveni u prostoru tako da formiraju ravan.

Pozicija svakog mikrofona se može definisati pomoću dve koordinate. Prostorne mikrofonске nizove čije koordinate zavise od sve tri prostorne koordinate.

Algoritmi za prostorno-vremensku obradu signala sa mikrofonskog niza mogu se podeliti u dve kategorije: algoritmi za određivanja pravca nailaska zvuka i algoritme za prostorno filtriranje, odnosno izdvajanje signala iz željenog prostornog ugla [12]. U ovom radu biće prikazan jedan od algoritama za određivanje pravca nailaska zvuka na mikrofonски niz i jedan algoritam za izdvajanje signala iz željenog prostornog ugla.

U ovom radu algoritmi za prostorno-vremensku obradu signala implementirani su na otvorenom hardveru Bela [13]. Ovaj hardver zbog svoje procesorske moći i većeg broja ulaznih i izlaznih kanala omogućava implementaciju ovako složenih algoritama. Algoritmi realizovani su tako da se obrada signala vrši u realnom vremenu. Ovaj rad predstavlja pregled dela istraživačkih aktivnosti Laboratorije za Akustiku Elektrotehničkog fakulteta vezanih za prostorno-vremensku obradu signala realizovanih u prethodnim godinama. Predstavljena je implementacija na specifičnom otvorenom hardveru koji je u upotrebi i u istraživačkim ali i u nastavnim aktivnostima Laboratorije. Tome u prilog govori i doprinos studenata master studija koji su autori ovog rada.

U drugom poglavlju radu predstavljen je korišćeni otvoreni hardver i teorijska osnova algoritama za prostorno-vremensku obradu signala za zvučnice, odnosno mikrofonске nizove. U trećem poglavlju prikazane su eksperimentalne postavke kao i tehnički detalji vezani za korišćene mikrofonске i zvučnice nizovi. U narednom, četvrtom poglavlju prikazani su rezultati realizovanih eksperimenata.

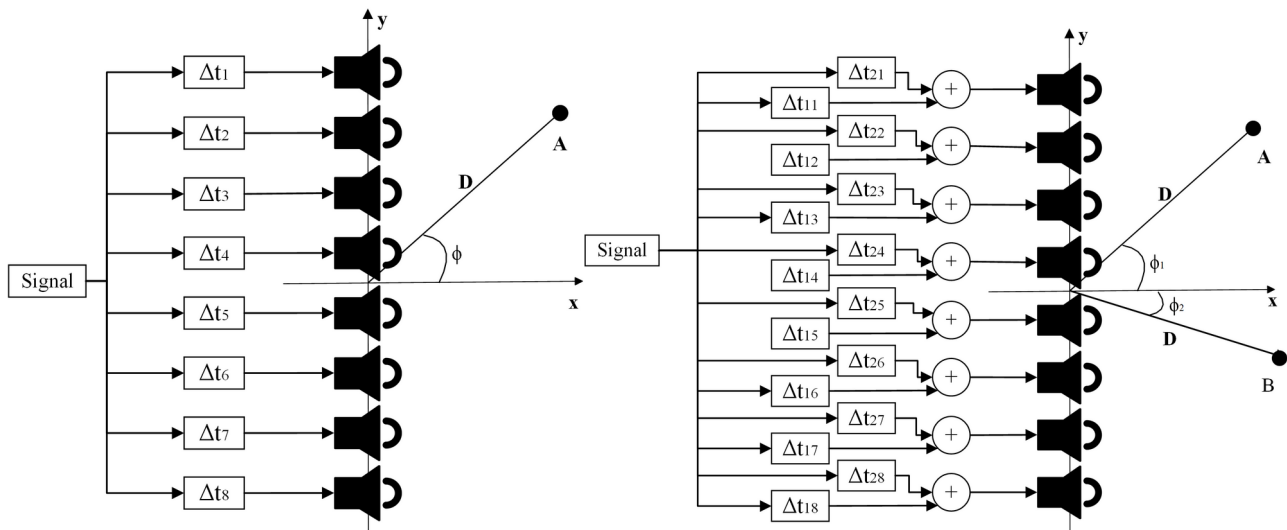
## **2 Teorija prostorno-vremeske obrade signala**

U ovom poglavlju prikazane su osnove algoritama za prostorno-vremensku obradu signala. Rad se bavi prostorno-vremenskom obradom signala za zvučnice i mikrofonске nizove pa je i ovo poglavlje podeljeno na te dve celine.

### **2.1 Algoritmi za prostorno-vremensku obradu signala za zvučnice nizove**

Za kontrolu usmerenosti zvučnickog sistema korišćena su dva rešenja. Pored samih algoritma koji će se izvršavati na procesoru razvijen je i simulacioni model za proveru rešenja. Simulacija podrazumeva generisanje jediničnog impulsa za svaki pojedinačni zvučnik. Signal se posmatra u nekoj tački na mestu prijema te je potrebno uračunati kašnjenje i slabljenje usled pređenog puta. Takođe, neophodno je uračunati i usmerenost pojedinačnih zvučnika koja zavisi od ugla. Ukupan signal u nekoj tački računa se kao zbir signala sa svih zvučnika. Ukoliko se ne vrši nikakva obrada signala pre reprodukcije na pojedinačnim zvučnicima maksimum dijagrama usmerenosti odgovara osi normalnoj na osu na kojoj se nalaze zvučnici. Pomeranje dijagrama usmerenosti u neki drugi pravac realizuje se obradom signala pre reprodukcije [5]. Principijelne blok šeme sistema za kontrolu dijagrama zračenja zvučnickog niza prikazane su na Slici 1.

Na Slici 1 levo prikazan je princip usmerekavanja u jednu tačku u prostoru u kojoj se želi dobiti maksimum dijagrama usmerenosti. U ovom slučaju to je tačka A, na rastojanju  $D$  od zvučnickog niza. Rastojanja između pojedinačnih zvučnika i posmatrane tačke su različita, pa će i pristizanje zvuka od pojedinačnih zvučnika biti različito. To za posledicu ima razliku u fazama signala, pri čemu će se oni, nakon njihovog sabiranja u toj tački, delimično poništavati. Da bi se obezbedilo konstruktivno sabiranje signala, njihove faze moraju biti jednake u posmatranoj tački. To se postiže tako što se na osnovu razlike rastojanja između pojedinačnih zvučnika i najudaljenijeg zvučnika izračunavaju vremenska kašnjenja signala.



Slika 1 Principijelna blok šema za kontrolu usmerenosti zvučnog sistema sa jednim glavnim lobom (levo) i sa više glavnih lobova (desno). Izvor: Tijana Đorđević

Centar koordinatnog sistema je sredina zvučnog niza. Ugao  $\phi$  je ugao između x-ose i prave koja spaja koordinatni početak i tačku A. Koordinate tačke A u Dekartovom koordinatnom sistemu izračunaju se na osnovu sledećih izraza:

$$\begin{aligned} x_A &= D \cos(\phi); \\ y_A &= D \sin(\phi) \end{aligned} \quad (1)$$

Rastojanje između tačke A i zvučnika  $i$  računaju se na sledeći način:

$$r_i = \sqrt{(x_A - x_i)^2 + (y_A - y_i)^2} \quad (2)$$

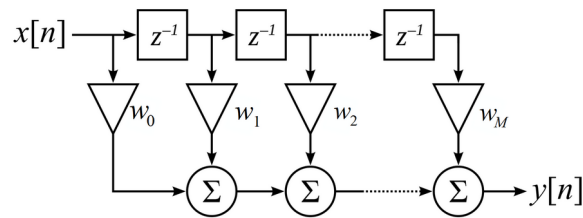
gde su  $x_i$  i  $y_i$  koordinate pojedinačnih zvučnika. Kašnjenja se računaju prema sledećem izrazu:

$$\begin{aligned} \Delta t_i &= \frac{r_{max} - r_i}{c} \\ r_{max} &= \max(r_i), i = 1, 2, \dots, N, \end{aligned} \quad (3)$$

gde je  $N$  ukupan broj zvučnika, a  $c$  brzina prostiranja zvuka u vazduhu.

Na Slici 1 desno prikazan je princip usmerekavanja dijagrama usmerenosti zvučnog niza u dve tačke u prostoru (tačke A i B sa slike) [5]. Signali sa ulaza procesora se obrađuju za svaku tačku pojedinačno, nakon čega se signali sabiraju, za svaki pojedinačni zvučnik. Kašnjenja se računaju pomoću istog izraza kao u slučaju jedne tačke, s tim što se prvo posmatraju rastojanja do tačke A, a potom do tačke B. Ovim postupkom dobijamo 2 seta kašnjenja, posebno za tačku A i posebno za B. Ova kašnjenja se nezavisno primenjuju na ulazni signal, potom se zakašnjeni signali sabiraju. Prilikom sabiranja, neophodno je skalirati signale sa faktorom 0.5 kako ne bi došlo do odsecanja signala na procesoru.

Oba predložena rešenja imaju problem sa bočnim lobovima. Bočni lobovi predstavljaju zvučnu energiju koja se pored glavnog loba (koji se usmerava) rasipa i u ostalim prostornim uglovima [14]. Da bi se ovaj problem prevazišao potrebno je pored kašnjenja signala za svaki zvučnik uvesti i filtriranje samih signala. Na slici 2 prikazana je struktura FIR filtra koji se koristi u procesiranju signala za svaki od zvučnika zvučnog niza.



Slika 2 Principijelna blok šema za filtriranje signala digitalnim FIR filtrom. Izvor: Tijana Đorđević

Broj koeficijenata koji se koristi za svaki od zvučnika u ovom radu iznosi 256. Ovakav postupak biće primenjen na zvučničkom sistemu sa 16 zvučnika, što znači da ukupan broj koeficijenata iznosi  $16 \cdot 256 = 4096$ . Za dobijanje vrednosti koeficijenata postoji veliki broj algoritama [15]. U ovom radu izabrano je da se koristi genetički algoritam da bi se dobio dijagram usmerenosti mikrofonskog niza kod kog su bočni lobovi potisnuti [16], [17]. Koeficijenti se izračunavaju optimizacionim postupkom, a nakon toga se implementiraju na otvoreni hardver koji vrši obradu signala u realnom vremenu.

## 2.2 Algoritmi za prostorno-vremensku obradu signala sa mikrofonskih nizova

Da bi se mikrofonski niz mogao koristiti u realnim aplikacijama neophodno je uvesti obradu signala dobijenih pomoću mikrofonskog niza. Algoritmi za obradu signala sa mikrofonskog niza mogu se generalno podeliti u dve kategorije: određivanje pravca (beamforming) nailaska zvuka i prostorno filtriranje [9], [14]. Pod prostornim filtriranjem podrazumeva se podešavanje mikrofonskog niza tako da se izdvoji akustički signal iz željenog pravca. U literaturi postoji veliki broj algoritama koji se bave ovim problemima i jedan od algoritama biće predstavljen u ovom radu. U radu će takođe biti opisan algoritam koji spada u drugu kategoriju *array processing*-a - određivanje pravca nailaska zvuka iz prostora.

Kašnjenje signala na mikrofonskom nizu modeluje se pomoću *steering* vektora  $v$ :

$$v(k) = v(f, \phi, \theta) = e^{(-i2\pi/\lambda a^T p)}, \quad (4)$$

gde je  $f$  frekvencija,  $\phi$  i  $\theta$  azimutni i elevacioni uglovi,  $a$  jednični vektor i  $p$  vektor pozicija mikrofona unutar mikrofonskog niza. Ovaj vektor modeluje kašnjenje signala na svakom mikrofenu u mikrofonskom nizu, koje je uzrok prostiranja talasa iz određenih prostornih uglova  $\phi$  i  $\theta$ . Vektor najviše zavisi od prostornih koordinata mikrofona, ali je bitno primetiti da je i frekvencijski zavisn. Skup svih *steering* vektora  $v(f, \phi, \theta)$  za  $\phi \in (-\pi, \pi)$  i  $\theta \in (-\pi/2, \pi/2)$  predstavlja prostornu transfer funkciju mikrofonskog niza na frekvenciji  $f$  i naziva se *array manifold* [8].

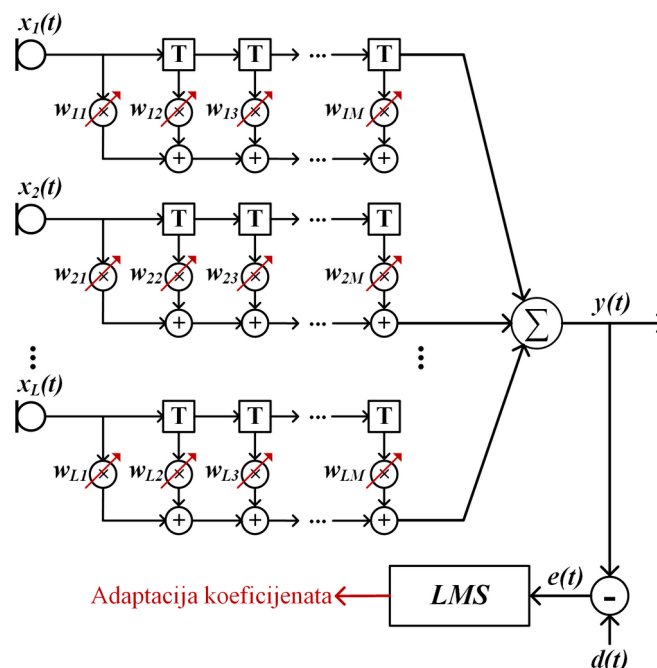
Procena pravca dolaska signala primenom *Capon* metode zasniva se na maksimizaciji srednje snage na izlazu *Capon*-ovog optimalnog prostornog filtra u funkciji  $\phi$  i  $\theta$  dolaska signala [9]. Ako se u izrazu za kriterijumsku funkciju *Bartlett* algoritma [8] zameni *steering* vektor  $v(f, \phi, \theta)$  sa vektorom težinskih koeficijenata *Capon* optimalnog prostornog filtra dobija se *steering* vektor za ovaj algoritam [9]. Na osnovu toga kriterijumska funkcija za *Capon* algoritam data je sledećim izrazom:

$$P_{\text{capon}}(f, \phi, \theta) = 1 / (v(f, \phi, \theta)^H R^{-1} v(f, \phi, \theta)) \quad (5)$$

gde je  $R$  spektralna kovariaciona matrica, a  $H$  Hermitova transpozicija matrice. Treba napomenuti da je akustički signal koji dolazi na mikrofonski niz širokopojasan, a prethodni izraz je dat za uskopojasan model signala. Zbog toga je za lokalizaciju širokopojasnih signala potrebno da se izvrši dizajn kriterijumskih funkcija za sve frekvencije od interesa.

Obradom signala sa mikrofonskog niza moguće je izdvajati akustički signal iz željenog pravca, odnosno usmeravati glavni lob dijagrama usmerenosti. Postoje dve vrste tehnika prostornog filtriranja: fiksne i adaptivne tehnike [14]. Kod fiksnih tehnika za usmeravanje loba se koriste fiksna kašnjenja i fiksni koeficijenti koji pojačavaju ili slabe signal sa mikrofona. Adaptivne tehnike koriste informacije dobijene iz signala i prema tome se usmeravaju. Glavni nedostatak prostornog filtriranja je da je usmeravanje moguće samo u ograničenom frekvencijskom opsegu. Na nižim frekvencijama razmak između mikrofona mora biti isuviše velik da bi usmeravanje loba bilo moguće. Dok se na visokim frekvencijama javlja problem *aliasing*-a. Prostorni aliasing i on definiše maksimalnu frekvenciju signala za zadanu geometriju mikrofonskog niza. Kao posledica ovog efekta dolazi do pogrešnog zaključivanja pozicije izvora [9]. Adaptivni algoritam za usmeravanje mikrofonskog niza je baziran na treniranju niza koeficijenata adaptivnog filtra na osnovu predefinisano željenog signala. U svakoj iteraciji optimizacionog algoritma poredi se signal dobijen filtriranjem signala sa mikrofona koeficijentima iz prethodne iteracije sa željenim signalom. Na osnovu toga se definišu novi koeficijenti adaptivnog filtra. U ovom radu je kao optimizacioni algoritam korišćen LMS (*Least Mean Square*). Računanje vrednosti koeficijenata optimalnog prostornog filtra je bazirano na metodi opadajućeg gradijenta [18], [19].

Audio signali na mikrofonskom nizu su širokopojasni signali odnosno kašnjenje signala koje se javlja između mikrofona nije manje od recipročne vrednosti širine spektra posmatranog signala. Zato se adaptivni širokopojasni prostorni filter razlikuje od adaptivnog uskopojasnog prostornog filtra i koristi se TDL (*Tap Delay Line*) struktura [14]. Signal sa svakog mikrofona se kasni i množi sa više koeficijenata adaptivnog filtra, dok se kod uskopojasnog prostornog filtra signal sa jednog mikrofona množio sa jednim koeficijentom. Na principijalnoj blok šemi LMS adaptivnog prostornog filtra na Slici 4. broj koeficijenata filtra je  $L \times M$ , gde je  $L$  broj mikrofona, a  $M$  broj linija za kašnjenje odnosno koeficijenata u jednoj grani filtra. Zato je za širokopojasne signale potrebno više od jednog koeficijenta za filtriranje.



Slika 3 Principijalna blok šema za adaptaciju koeficijenata prostornog filtra. Izvor: Tijana Đorđević

Koeficijenti prostornog filtra se adaptiraju u svakoj iteraciji algoritma i menjaju se tako da nakon filtriranja rezultatni signal bude što sličniji željenom signalu. Na Slici 3 signal  $d(t)$  predstavlja odbrak željenog signala, odnosno odbrak trening sekvence na osnovu koje se optimizuju

koeficijenti filtra u svakoj iteraciji. Odbirak dobijen filtriranjem signala sa mikrofona adaptivnim prostornim filtrom je  $y(t)$ . Ovaj signal se računa na sledeći način [20]:

$$y(t) = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^M x(i, t-j+1) w(i, j) \quad (6)$$

gde je  $x$  signal sa odgovarajućeg mikrofona, a  $w$  težinski koeficijent. Sumiranjem signala sa svih mikrofona zakašnjenim za vrednost reda filtra dobija se  $y(t)$ . Razlika ovog signala i signala  $d(t)$  predstavlja grešku  $e(t)$  koja je važan ulazni parametar za računanje koeficijenata filtra za narednu iteraciju algoritma,  $w(t+1)$ . Koeficijenti prostornog filtra se optimizuju u svakoj iteraciji tako da formiraju dijagram usmerenosti u pravcu nailaska željenog signala. Izraz:

$$w(t+1) = w(t) - 2\mu x(t+1)e(t) \quad (7)$$

predstavlja način na koji se računaju koeficijenti adaptivnog filtra za narednu iteraciju. Parametar  $\mu$  je konstanta koja definiše brzinu konvergencije algoritma, njena vrednost  $e$  nalazi u opsegu između 0 i 1. Ako je korak adaptacije previše mali biće potrebno mnogo iteracija da se dođe do optimalnih vrednosti koeficijenata filtra, a ako je prevelik moguće je da se optimalne vrednosti koeficijenata filtra preskoče i da se ne pronađe optimalno rešenje. Koeficijenti se optimizuju na opisan način sve dok greška, odnosno razlika dobijenog i željenog signala ne postane dovoljno mala.

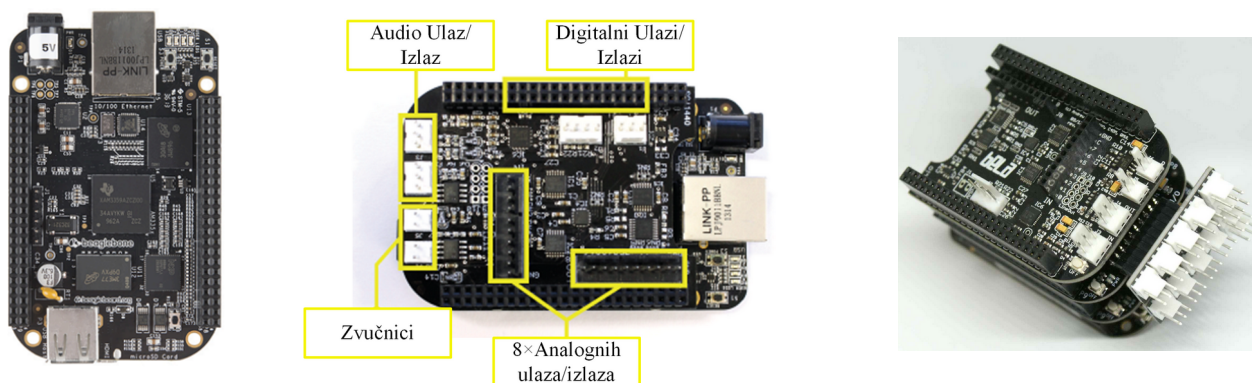
### 3 Eksperimentalna postavka

U ovom poglavlju su opisani tehnički detalji korišćenog otvorenog hardvera. Takođe, opisani su korišćeni zvučnici nizovi i mikrofonski niz. Za potrebe određivanja dijagrama usmerenosti izvršeno je nekoliko eksperimenata čija je postavka prikazana u nastavku.

#### 3.1 Bela hardver

Bela je otvoreni hardver za rad sa audio signalima i senzorima. Sastoji od *Beagle Bone Black* računara i *Bela Cape*-a. *BeagleBone Black* računar ima procesor 1 GHz ARM Cortex-A8 sa 512 GB RAM memorije [13]. Brzina procesora omogućava da se na njemu izvršava zahtevne obrade signala u realnom vremenu. Osnovni *Bela Cape* ima 8 analognih ulaza, 8 analognih izlaza, kao i 16 digitalnih ulaza i izlaza koje možemo podešavati u zavisnosti od namene. Takođe, Bela ima 2 stereo ulaza i 2 stereo izlaza za audio signal. *BeagleBone Black* i *Bela Cape* prikazani su na slici 1 (levo i sredina). Na slici 1 u sredini označeni su ulazi/izlazi, digitalni ulazi/izlazi, audio ulazi/izlazi kao i ostali portovi. Glavna pogodnost pri korišćenju *Bela* uređaja je jako malo kašnjenje, visoka frekvencija odabiranja i jednostavno integrisano razvojno okruženje – IRO. *Bela IRO* je ugrađeno u *Bela* softver kome se pristupa pomoću internet pretraživača. Okruženje predstavlja interfejs između korisnika i *Bela* sistema. *Bela IRO* sadrži editora za pisanje koda, osciloskop za prikaz signala, konzole i grafičkog korisničkog interfejsa (GUI). Moguće je direktno u *IRO* podešavati parametre poput frekvencije odabiranja, veličine bloka, broja aktivnih kanala, pojačanja, itd. Jezik koji se koristi za pisanje koda je najčešće C++, ali moguće je koristiti i *Csound* ili *SuperCollider*, dok se kod za GUI piše u *JavaScript*-y.

Kao dodatak *Bela* hardveru može se koristiti audio ekspander ili *Bela CTAG*. Oni se povezuju na *Bela Cape* sa *BeagleBone Black*-om i zajedno čine jedinstven hardver. *Bela CTAG* može biti *Bela CTAG Face* ili *Bela CTAG Beast* koji je zapravo sastavljen iz dva spojena *Bela CTAG Face*-a, zbog čega ima duplo više audio ulaza i izlaza. Na slici 4 (desno) je prikazan *Bela CTAG Beast* sa *Bela Cape*-om, a u tabeli 1 su dati njegovi parametri.



Slika 4 Bela hardver (*BeagleBone Black*, *pinout* i *Bela CTAG Beast*). Izvor: Miloš Bjelić.

Tabela 1. Pregled parametara *Bela CTAG Beast* hardvera

Ulaz/Izlaz	Broj ulaza/izlaza	Frekvencija odabiranja
Analogni ulazi	8	88.2 kHz – dva kanala 48 kHz – četiri kanala 24 kHz – osam kanala
Analogni izlazi	8	88.2 kHz – dva kanala 48 kHz – četiri kanala 24 kHz – osam kanala
Digitalni ulazi i izlazi	16	-
Audio ulazi	8	48 kHz
Audio izlazi	16	48 kHz

Audio ekspander postavlja se direktno na Belu i uz odgovarajuće podešavanje jumper-a moguće ga je osposobiti da koristi analogne ulaze kao dodatne audio ulaze ili analogne izlaze kao dodatne audio izlaze. Audio ekspander ima i niskopropusne filtre za potiskivanje šuma i potencijalnog aliasing-a, a takođe uklanja i DC komponentu analognog signala. Maksimalan broj audio izlaza koje audio ekspander obezbeđuje je 8+2, gde je 8 izlaza dobijeno od analognih izlaza i još 2 predstavljaju regularne audio izlaze *Bela Cape*-a. Budući da jedan od zvučničkih nizova zahteva 16 audio izlaza ni ovo rešenje nije odgovarajuće. Zbog toga je korišćen *Bela CTAG Beast* sa *Bela Cape*-om. *Bela CTAG Beast* ima 16 audio izlaza sa frekvencijom odabiranja 48 kHz. Za razliku od audio ekspandera, gde se čitanje audio signala vrši pomoću ugrađenih funkcija za pristupanje analognom baferu, kod *Bela CTAG*-a koriste se standardne funkcije za čitanje i upisivanje signala u audio bafer.

Bela ima dva bafera za svaki tip pinova: ulazni, u njega se u svakom bloku podrazumevano smešta signal sa ulaznih pinova, i izlazni, signal iz njega se u svakom bloku podrazumevano reprodukuje na izlaznim pinovima. Bela u svakom bloku pristupa ulaznom baferu iz kog iščitava odbirke signala i izlaznom baferu u koji upisuje obrađeni signal. Bela u trenutnom bloku vrši obradu signala u okviru svoje glavne funkcije, dok za to vreme, na izlazu pušta signal koji je u prethodnom bloku



obrađen i smešten u izlazni bafer. U trenutnom bloku, prikupljenim podacima iz prethodnog bloka moguće je pristupiti uz pomoć Belinih nativnih funkcija za pristupanje ulaznom baferu *analogRead()*, *audioRead()*, *digitalRead()*. Takođe, moguće je upisati signal u izlazni bafer koji će u toku narednog bloka biti pušten na izlaz uz pomoć *analogWrite()*, *audioWrite()*, *digitalWrite()*. Ovaj proces se ponavlja sve dok se ne prekine izvršavanje programa.

### 3.2 Zvučnički nizovi sa 12 i 16 zvučnika

U ovom radu korišćena su dva zvučnička niza. Jedan zvučnički niz se sastoji od 12 zvučnika tipa Genius SP-D150 sa pratećim pojačavačima i kutije u koju su smešteni zvučnici i pojačavači. Pojačavači se napajaju iz jednosmernog izvora za napajanje napona 9 V. Frekvencijska karakteristika jednog zvučnika koji je ugrađen u sistem je približno ravna na frekvencijama većim od 300 Hz. Pojačavači zvučnika su podešeni tako da vrednost nivoa zvuka na izlazu iz zvučnika bude ista za sve zvučnike kada nema obrade signala. Zvučnički niz je realizovan u Laboratoriji za Akustiku Elektrotehničkog fakulteta [3]. Na Slici 5 (levo) prikazan je izgled ovog zvučničkog niza. Rastojanje između najudaljenijih zvučnika iznosi 69 centimetara



Slika 5 Zvučnički nizovi korišćeni u ovom radu. Izvor: Miloš Bjelić.

rugi zvučnički niz korišćen u ovom radu sastoji se od 16 ekvidistantno udaljenih zvučnika kardoidne usmerenosti na međusobnom rastojanju od 13 centimetara. Rastojanje najudaljenijih zvučnika iznosi 2 metra. U kutiji zvučničkog niza se nalaze i 8 dvokanalnih pojačavača koji se napajaju sa jednosmernim naponom 15 V. Pored zvučnika i pojačavača u zvučničkoj kutiji nalazi se i Bela CTAG Beast sa Bela Cape-om. Povezivanje sa Bela hardverom obavlja se preko priključne pločice sa USB, LAN konektorima i konektorima za dovođenje audio signala, koja se nalazi sa zadnje strane kutije. Frekvencijska karakteristika jednog zvučnika koji je ugrađen u sistem je približno ravna na frekvencijama većim od 200 Hz. Ovaj zvučnički niz takođe je realizovan u Laboratoriji za Akustiku Elektrotehničkog fakulteta [4]. D Merenje usmerenosti zvučničkog sistema sa procesiranjem signala, koje je u ovom radu izvršeno na otvorenom hardveru, potrebno je izvršiti u anehoičnim uslovima (gluvoj sobi). Potrebno je koristiti merni mikروفon klase 1 i akviziciju sa adekvatnom frekvencijom odabiranja [22]. U gluvoj sobi Laboratorije za Akustiku Elektrotehničkog fakulteta izvršeno je snimanje karakteristike usmerenosti manjeg mikrofonskog niza (Slika 5 levo). Dimenzije gluve sobe nisu dovoljne za snimanje većeg zvučničkog niza (Slika 5 desno) jer je potrebno izvršiti merenje na rastojanju koje je nekoliko puta veće od dimenzija niza. Zbog toga je merenje izvršeno u dvorištu Elektrotehničkog fakulteta, gde postoji jedna refleksiona ravan (zemlja) i prisustvo ambijentalne buke u izvesnoj meri. Na slici 6 prikazana je eksperimentalna postavka za merenje dijagrama usmerenosti većeg zvučničkog niza.

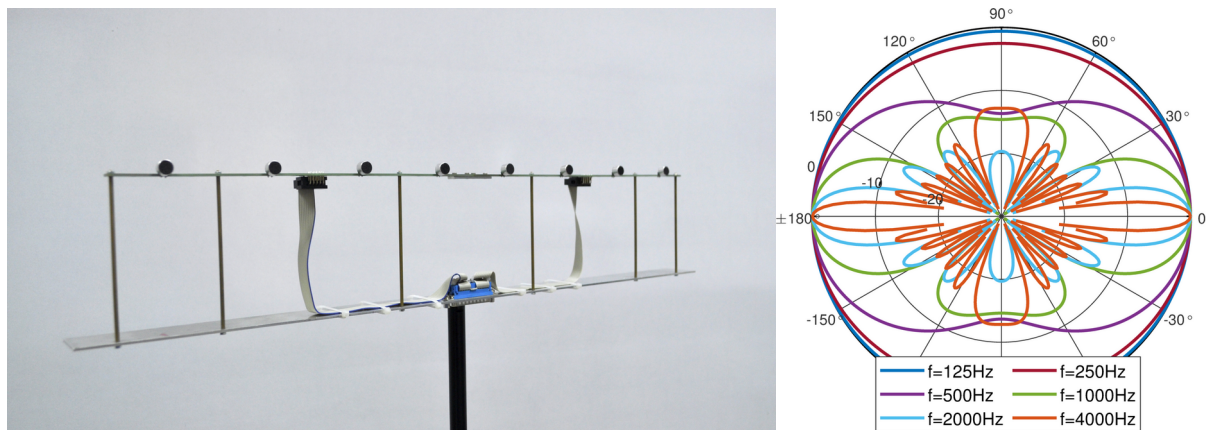




Slika 6 Snimanje karakteristike usmerenosti zvučnog niza. Izvor: Miloš Bjelić.

### 3.3 Mikrofonski niz sa 8 mikrofona

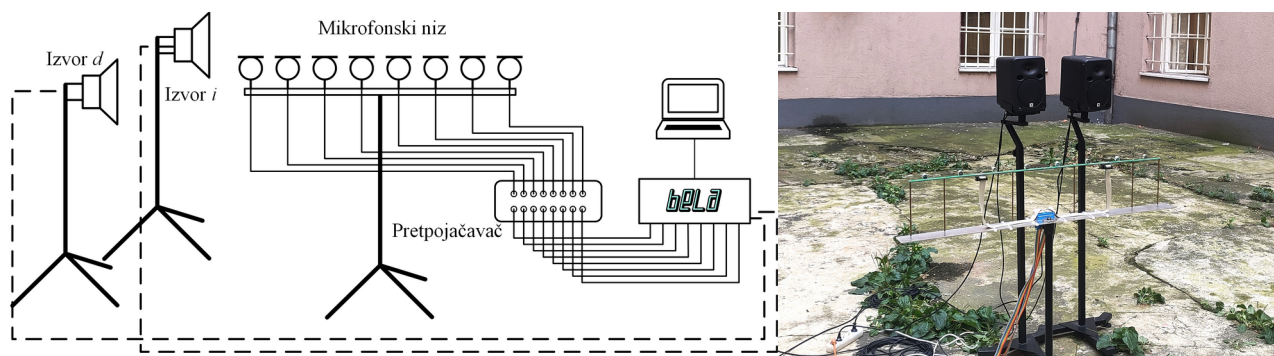
Mikrofonski niz koji je korišćen u ovom radu je prikazan na Slici 7. Sastoji se od osam linijski raspoređenih omnidirekcionih mikrofona koji su na ekvidistantnim rastojanjima. Rastojanje između dva susedna mikrofona iznosi 7 cm. Zbog linijskog rasporeda mikrofona postoji ograničenje kod određivanja visine na kojoj se nalazi zvučni izvor, odnosno određivanje pozicije izvora je moguće samo u horizontalnoj ravni u kojoj se nalaze mikrofoni. Na Slici 7 desno prikazan je dijagram usmerenosti na različitim frekvencijama korišćenog mikrofonskog niza, za elevaciju  $90^\circ$ . Na višim frekvencijama je glavni lob uži, odnosno veća je usmerenost, ali su bočni lobovi veći (na primer frekvenciju 4000 Hz). Na najnižim frekvencijama nema usmeravanja (što se vidi na za frekvenciju 500 Hz).



Slika 7 Korišćeni mikrofonski niz (levo) i njegov dijagram usmerenosti za 1/1 oktavne frekvencijske opsege [23]. Izvor: Marija Ratković.

Testiranje sistema za određivanje pravca nailaska zvuka i prostorno filtriranje je zamišljeno kroz scenario gde postoje dva izvora zvuka, što je prinsipski prikazano na Slici 8 levo. Za slučaj testiranja prostornog filtriranja jedan izvor reprodukuje željeni signal koji je potrebno izdvojiti, a drugi interferirajući signal koji je poželjno što više potisnuti. Pozicije izvora signala se nalaze u horizontalnoj ravni u kojoj je mikrofonski niz, tačnije elevacija je jednaka  $90^\circ$ , dok se po azimutu izvori zvuka mogu locirati u opsegu od  $-90^\circ$  do  $90^\circ$ . Azimut  $\phi$  određuje poziciju izvora zvuka i on je definisan u odnosu na  $x$  osu u smeru suprotnom od kazaljke na satu. Azimut poprima vrednosti od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , ali pošto su mikrofoni u korišćenom mikrofonskom nizu omnidirekcionni dovoljna je analiza opsega od  $-90^\circ$  do  $90^\circ$  jer je sve simetrično i sa druge strane niza u opsegu od  $90^\circ$  do  $270^\circ$ .

Kao izvori signala korišćeni su zvučnici [24] koji reprodukuju širokopojasne signale, MLS sekvencu [25] i muzički signal.



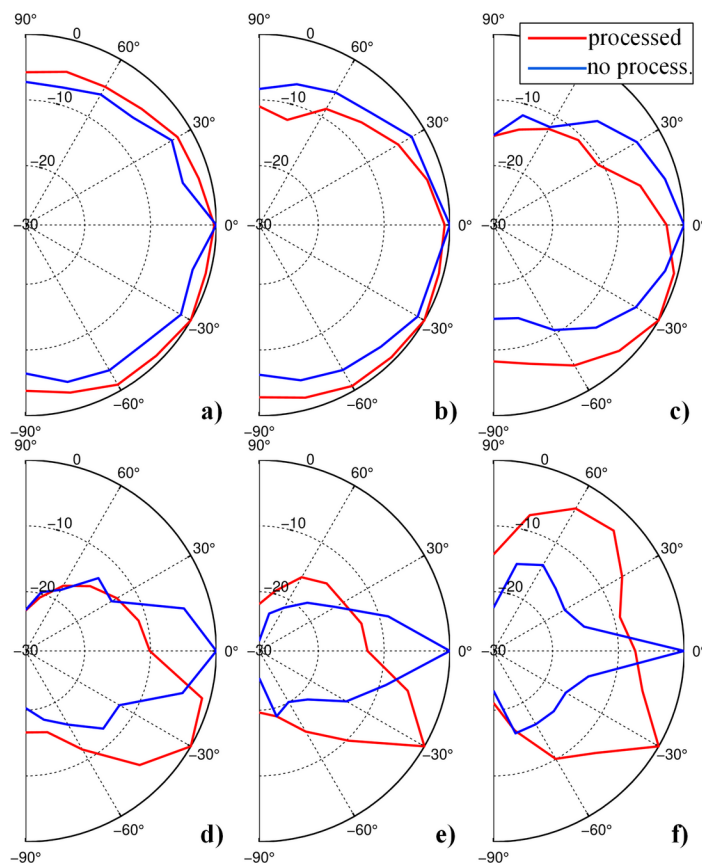
Slika 8 Principijelna blok šema eksperimenta (levo) i jedan položaj zvučnih izvora u odnosu na mikrofonski niz (desno). Izvor: Marija Ratković.

## 4 Rezultati

U ovom poglavlju prikazani su eksperimentalni rezultati. Zbog preglednosti poglavlje je podeljeno na nekoliko celina.

### 4.1 Rezultati eksperimenata sa zvučničkim nizovima

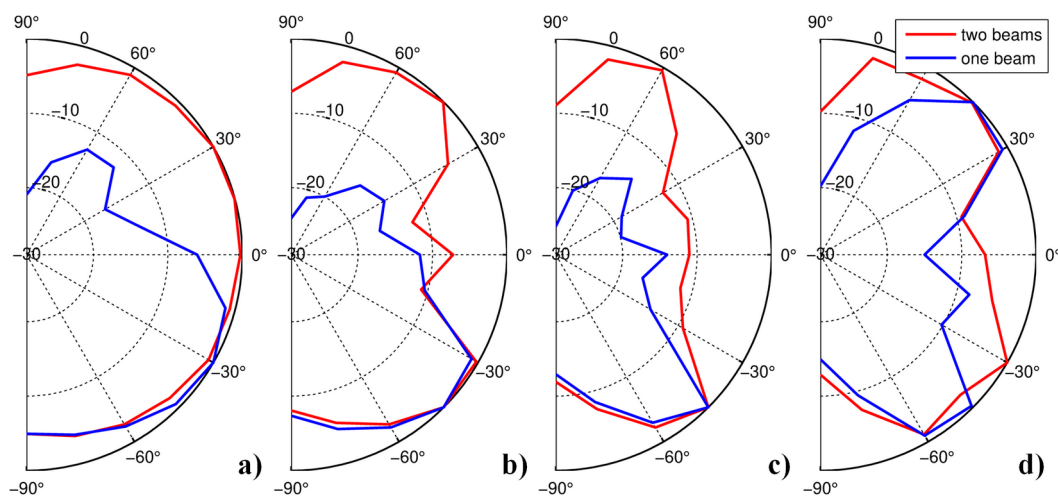
Na Slici 9 prikazani su dijagrami usmerenosti zvučničkog niza kod koga je izvršeno procesiranje signala za svaki od zvučnika, sa ciljem usmeravanja u jedan prostorni ugao.



Slika 9 Rezultati usmeravanja za jedan prostorni ugao sa zvučničkim nizom od 12 zvučnika za 1/1 oktavni frekvencijski opseg: a) 125 Hz, b) 250 Hz, c) 500 Hz, d) 1 kHz, e) 2kHz i f) 4kHz. Izvor: Miloš Bjelić.

Na osnovu rezultata prikazanih na Slici 9 vidi se da se implementacijom algoritma za prostorno-vremensku obradu signala na Bela hardveru postiže usmeravanje maksimuma dijagrama usmerenosti u pravcu  $-30^\circ$ . Na taj način je verifikovano da je algoritam za kontrolu usmerenosti zvučničkog niza uspešno implementiran na ovoj otvorenoj platformi. Za niže frekvencijske opsege, 250 Hz i 500 Hz, dijagram je širi jer je na tim opsezima dimenzija zvučničkog niza srazmerna talasnoj dužini. Za više frekvencijske opsege uočava se sužavanje dijagrama usmerenosti, ali i pojava lokalnih maksimuma u dijagramu usmerenosti, pored postojanja jednog globalnog maksimuma (glavnog loba). Lokalni maksimumi predstavljaju bočne lobove i oni su neželjena pojava. Ova pojava je posledica ponavljanja rastojanja između pojedinačnih zvučnika. Za frekvencijske opsege kod kojih je talasna dužina porediva sa ponovljenim rastojanjem pojava bočnih lobova je izražena. U ovom slučaju to je oktavni opseg sa centralnom frekvencijom 4000 Hz. Sa Slike 9 f) se može videti da je bočni lob za samo 3 dB manji od glavnog loba. Problem bočnih lobova se može rešiti primenom algoritama kojima se vrši potiskivanje bočnih lobova (realizovano u nastavku ovog rada).

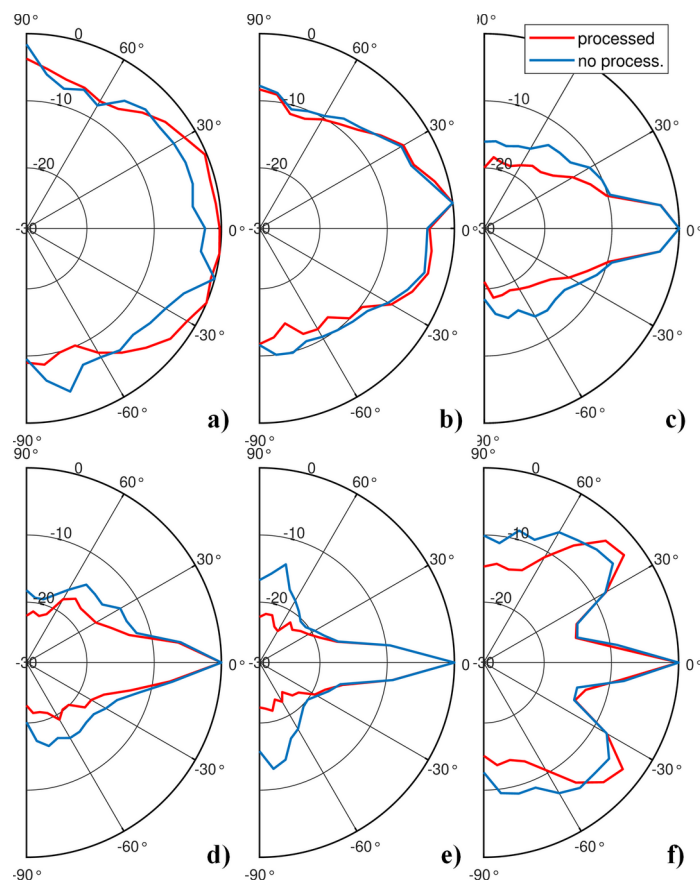
Na slici 10 prikazan je rezultat procesiranja signala za slučaj usmeravanja u dva prostorna ugla. Pokazuje se da je moguće istovremeno softverski uticati na pravce u kojima će se signal emitovati. Ovo rešenja su primenjiva u situacijama kada želimo da direktnim zvukom pokrijemo više različitih auditorijuma, na primer parter i galerija u koncertnim salama. Kao i u slučaju usmeravanja za jedan prostorni ugao, na nižim frekvencijama usmerenost je relativno mala. Na višim frekvencijama se uočava jasna pojava dva loba pod uglovima od  $-45^\circ$  i  $45^\circ$ . Korišćenje predloženog procesiranja za sve zvučnike iz zvučničkog niza daje mogućnost boljeg usmeravanja signala za više prostornih uglova. Može se primetiti da se glavni lobovi u ovom rešenju se gotovo podudaraju sa širinom glavnog loba iz prvog rešenja.



Slika 10 Rezultati usmeravanja za dva prostorna ugla sa zvučničkim nizom od 12 zvučnika za 1/1 oktavni frekvencijski opseg: a) 500 Hz, b) 1 kHz, c) 2kHz i d) 4kHz. Izvor: Tijana Đorđević.

Problem bočnih lobova koji se javlja na visokim učestanostima kao posledica prostornog aliasiranja prevaziđen je korišćenjem dodatnog procesiranja realizovanog na otvorenom hardveru za svaki od zvučnika iz zvučničkog niza. Filtri koji su primenjeni u okviru ovog eksperimenta su dobijeni optimizacijom po svim oktavama za ugao od  $0^\circ$  stepeni. U nastavku su prikazani rezultati dobijeni merenjem za različite oktave. Na Slici 11 prikazane su redom oktave počev od 125 do 4000 Hz. Crvenom bojom označena je karakteristika zvučničkog niza dobijena uz primenu optimalnih filtera na otvorenom hardveru, a plavom bojom je prikazana karakteristika zvučnika bez primene filtera. Težinskim koeficijentima je prilikom optimizacije podešeno da dijagram usmerenosti na višim oktavama bude primarniji u odnosu na niže oktave jer je problem bočnih lobova izraženiji na visokim frekvencijama. Dodatno kod nižih oktava glavni lob dosta širok i nije ga moguće usmeriti.

Može se primetiti da postoji potiskivanje bočnih lobova za oktave na 500, 1000 i 2000 Hz. Za niže oktave, na 125 i 250 Hz ne postoji potiskivanje.

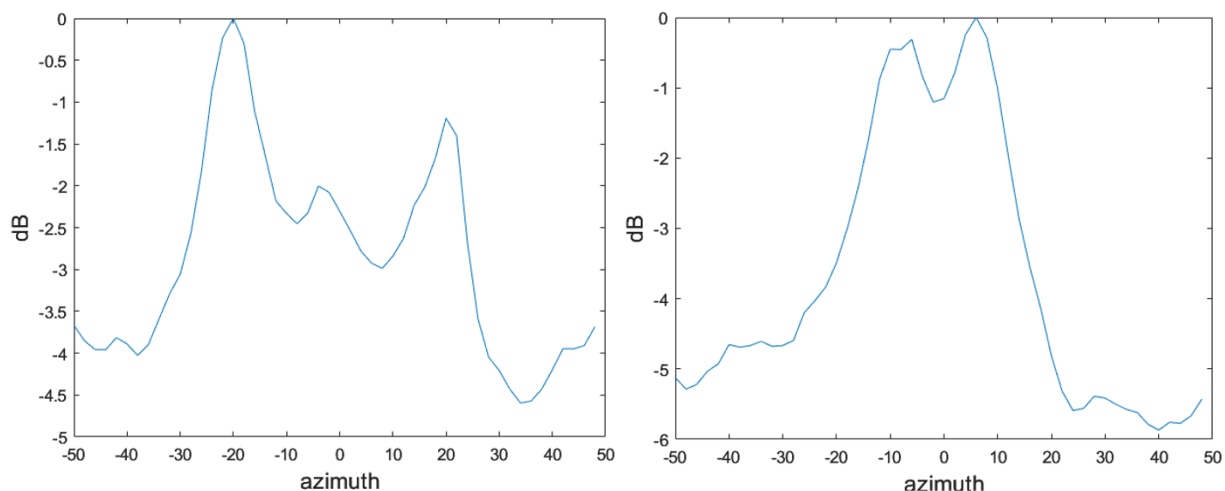


Slika 11 Rezultati procesiranja sa optimizovanim vrednostima koeficijena za potiskivanje bočnih lobova za zvučni niz od 16 zvučnika za 1/1 oktavni frekventijski opseg: a) 500 Hz, b) 1 kHz, c) 2kHz i d) 4kHz. Izvor: Tijana Đorđević.

#### 4.1 Rezultati eksperimenata sa mikrofonskim nizom

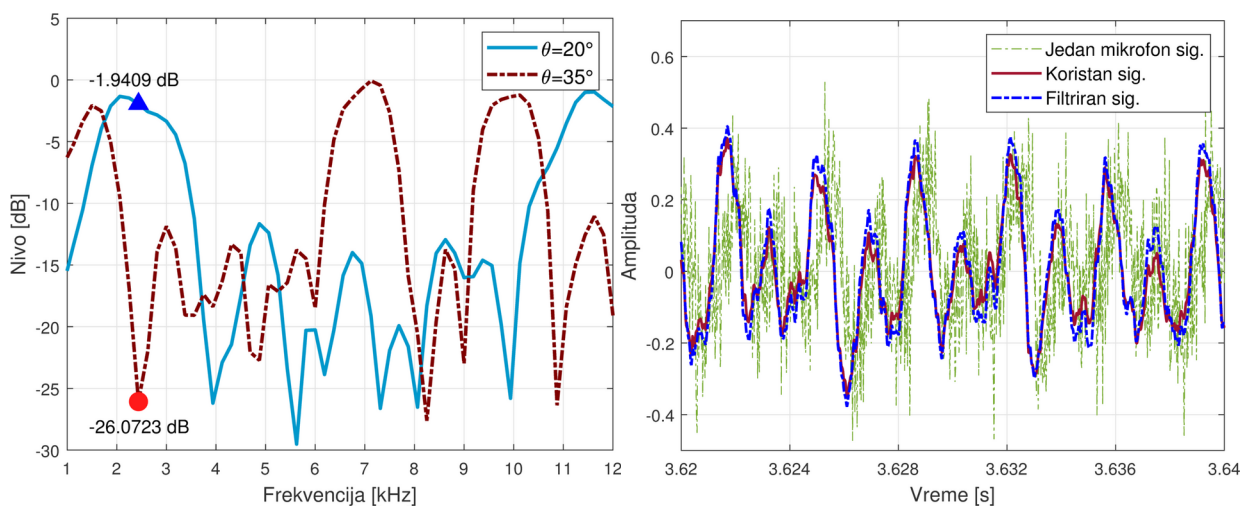
U eksperimentima sa mikrofonskim nizom i Bela hardverom zvučni izvori nalaze na 1 metar rastojanja u odnosu na mikrofonski niz ali na različitim prostornim uglovima. U prvoj grupi eksperimenata prikazani su rezultati određivanja pravca nailaska zvuka na mikrofonski niz. Analizirana su dva prostorna scenarija, sa razmaknutim i bliskim izvorima. Na Slici 12 se može videti da kada se izvori nalaze na  $\pm 20^\circ$  (Slika 12 levo) u *Capon* kriterijumskoj funkciji se jasno vide dva odvojena maksimuma koji predstavljaju uglove pod kojima dolazi zvučni talasi na mikrofonski niz. Međutim, kada se zvučni izvori nalaze dovoljno blizu poput  $\pm 8^\circ$ , onda 2 maksimuma počinju da se spajaju u jedan kao što se to može videti na Slici 12 desno. Iz ove kriterijumske funkcije je veoma teško algoritamski odrediti da se u prostoru nalaze dva zvučna izvora.





Slika 12 Rezultat određivanja pravca nailaska zvuka za dva zvučna izvora postavljena na prostornim uglovima  $\pm 20^\circ$  (levo) i postavljena na  $\pm 8^\circ$  (desno). Izvor: Nebojša Kolarić.

Nakon detekcije pravca nailaska zvuka moguće je izvršiti drugu grupu eksperimenata, odnosno prostorno filtriranje iz željenog smera. U prvom eksperimentu željeni smer je onaj iz koga dolazi sinusni signal frekvencije 2500 Hz. Na slici 13 levo su plavom punom linijom prikazani nivoi filtriranog signala iz pravca nailaska korisnog signala, pri azimutu  $20^\circ$ . Crvenom isprekidanom linijom je prikazan nivo filtriranog signala iz pravca nailaska šuma, odnosno azimut je  $35^\circ$ . Kroz ovakav prikaz se uočava jasno slabljenje između signala iz ova dva pravca na frekvenciji od 2500 Hz na kojoj se nalazi koristan sinusni signal. Na slici 13 prikazan je rezultat za slučaj kada je red filtra 128. Plavim trouglom odnosno crvenim krugom su označene pozicije na graficima na frekvenciji od interesa. Razlika ova dva obeležja predstavlja slabljenje između signala iz pravca izvora zvuka na frekvenciji 2500 Hz. Za korišćeni red prostornog filtra 128 slabljenje na ovoj frekvenciji iznosi oko 24 dB, što znači da je interferencija potisnuta toliko.



Slika 13 Zavisnost dijagrama usmerenosti mikrofonskog niza od frekvencije (levo) i rezultat izdvajanja signala iz željenog pravca (desno). Izvor: Marija Ratković.

U drugom eksperimentu sa jednog zvučnika emitovan je širokopolasni signal (muzička sekvenca u trajanju od 5 sekundi, a neželjeni signal je širokopolasni šum. Kod muzičke sekvence postoje primetne promene nivoa signala i na određenim segmentima je primetna određena periodičnost (nije potpuno slučajni signal kao MLS sekvenca). Položaj izvora signala je isti kao i u primeru MLS sekvence, koristan signal je na poziciji od  $30^\circ$  po azimutu, a šum  $-15^\circ$ . Odnos snaga korisnog

signala i šuma je -30 dB. Na slici 13 desno je prikazan vremenski oblik dela muzičke sekvenci kako bi se ispratilo poklapanje originalno emitovanog signala i signala nakon procesiranja. Analizom ovog prikaza se može zaključiti da filtriran signal (plava isprekudana linija) prati oblik korisnog signala (crvena puna linija). Zelena isprekidana linija koja predstavlja ukupni signal snimljen jednim od mikrofona je izražena i zapaža se da se razlikuje od korisnog signala. Svaki od mikrofona snima kombinaciju šuma i korisne muzičke sekvence i iz takvih signala nije moguće izdvojiti koristan signal. Međutim, korišćenjem 8 signala sa prostorno razdvojenih mikrofona i algoritma za prostorno-vremensku obradu signala koji je u ovom slučaju implementiran na otvorenom hardveru moguće je izvršiti razdvajanje signala u realnom vremenu.

## 4 Zaključak

Rezultati prikazani u ovom radu pokazuju da je moguće softverskom obradom signala realizovanom na otvorenom hardveru moguće upravljati širinom i pozicijom dijagrama usmerenosti zvučnih nizova. Pokazano je da je moguće dodati još jedan nezavisni glavni lob u dijagramu usmerenosti bez kvarenja već postojećeg glavnog loba. Značaj dobijenih rezultata leži u činjenici da su ova rešenja primenjiva u praksi. Takvi primeri su koncertne ili pozorišne sale sa više dislociranih auditorijuma.

U radu je analizirana mogućnost da se bočni lobovi u dijagramu usmerenosti mogu postići određenim obradama signala. Veličina bočnih lobova zavisi od geometrije zvučnog niza i frekvencije. Problem bočnih lobova je naročito izražen na visokim frekvencijama, što je pokazano u ovom radu. U radu je i predložen postupak za minimizaciju uticaja bočnih lobova primenom filtriranja signala za svaki zvučnik sa odgovarajućim koeficijentima. Koeficijenti su dobijeni uz pomoć genetičkih algoritama i implementirani na otvorenom hardveru. Dobijeni rezultati pokazuju da su bočni lobovi smanjeni u svim 1/1 oktavnim frekvencijskim opsezima od interesa. Rezultati koji su dobijeni prikazuju da je moguće softverskom obradom signala uticati na širinu i poziciju glavnog loba, kao i bočnih lobova. Realizovana obrada signala, koja je implementirana u vidu filtriranja signala predefinisanim koeficijentima filtra, pokazuje da je moguća manipulacija dijagramom usmerenosti u velikoj meri.

Rezultati koji su dobijeni pomoću Bela hardvera i mikrofonskog niza su pokazali da implementirana metoda dobro procenjuje pravac nailaska zvuka na mikrofonskom nizu. Maksimalna greška u proceni smera je oko  $2^\circ$ , što je verovatno i greška prilikom pozicioniranja zvučnih izvora u eksperimentu. Analizirane su dobijene kriterijumske funkcije Capon metoda i osim očekivanih oblika primećeno je izobličenje u opsegu od  $-10^\circ$  i  $10^\circ$ . Na kraju je testirana prostorna rezolucija, to jest mogućnost da Capon metoda razdvoji dva prostorno bliska zvučna izvora. Kada se ovi izvori nalaze na  $\pm 20^\circ$ , ova metoda dobro razdvoji pozicije izvora u svojoj kriterijumskoj funkciji. U slučaju da se izvori nalaze na  $\pm 8^\circ$ , maksimumi u kriterijumskoj funkciji se spajaju i postaje veoma teško proceniti da postoje dva izvora zvuka u prostoru.

U slučaju korišćenja Bela otvorenog na kom je implementiran algoritam za izdvajanje signala iz željenog pravca takođe su postignuti dobri rezultati. Za testiranje sistem za izdvajanje korisnog signala korišćeni su različiti korisni signali dok je interferencija u svim primerima beli Gausov šum. U prvom primeru je izabran najjednostavniji koristan signal, prostoperiodični sinusni signal frekvencije gde se potiskuju bočni lobovi na dijagramu usmerenosti. Nakon analize sistema kroz prostoperiodične signale algoritam je testiran na širokopoljnim korisnim signalima. Uspešnost izdvajanja korisnog signala je analizirana kroz posmatranje vremenskog oblika korisnog, filtriranog signala i signala sa jednog mikrofona. Kao širokopoljasi signal korišćena je muzička sekvenca kao predstavnik signala gde nisu svi frekvencijski opsezi podjednako izraženi. Uspešnost algoritma je

kvantifikovana kroz analizu vremenskog domena filtriranog signala. U simulaciji su obe vrste širokopojasnih signala uspešno izdvojene.

## Literatura

- [1] Hartmann WM, Localization of sound in rooms, Journal of Acoustical Society of America: 1983; Vol. 74 (5).
- [2] Cai Y Wu M, Yang J. Sound reproduction in personal audio systems using the least-squares approach with acoustic contrast control constraint. J. Acoust. Soc. Am.: February 2014; 135 (2): 734–741. <https://doi.org/10.1121/1.4861341>
- [3] Mijić M, Pavlović DŠ, Bjelić M, Stanojević M., Laboratorijski model zvučnog stuba sa softverski kontrolisanom usmerenošću, 2015, Tehničko rešenje Elektrotehnički fakultet..
- [4] Aćimović S, Đorđević T, Bjelić M. Optimizacija pozicija zvučnika u zvučnom nizu, 2022. LXVI Konferencija ETRAN, Novi Pazar.
- [5] Aćimović S, Đorđević T, Bjelić M. 2022. Implementacija algoritma za kontrolu usmerenosti zvučnog niza sa dva glavna loba na otvorenom hardveru, LXVI Konferencija ETRAN, Novi Pazar.
- [6] Bjelić M, Golubović A, Mijić M. 2020. Realizacija zvučnog sistema sa softverskom kontrolom usmerenosti Konferencija ETRAN, Beograd, Srbija.
- [7] Chuang S, Yoshinobu K, Woon-Seng G, Generating dual beams from a single steerable parametric loudspeaker, Applied acoustics: 2015; 99, 43-50.
- [8] Godara LC. Smart Antennas, 2004. ch. 4, New York, USA, CRC Press.
- [9] Van Trees HL. Optimum Array Processing 2010. John Wiley and Sons, New York, USA,
- [10] Tamai Y, Kagami S, Mizoguchi H, Sakaya K, Nagashima K, Takano T. Circular Microphone Array for Meeting System, Sensors: 2003; Vol. 2, 1100-1105.
- [11] Erić M, Vukmirović N. Uvod u obradu signala sa antenskih nizova, 2019. Академска мисао, Београд.
- [12] McCowan I, Microphone Array Beamforming Techniques, 2001.
- [13] McPherson, Zappi V. An environment for submillisecond latency audio and sensor processing on BeagleBone Black. 2015. Proc. Audio Engineering Society Convention 138, pp. 1-7.
- [14] Liu W. Wideband Beamforming, 2022. John Wiley and Sons, New York, USA.
- [15] Yang XS. Engineering Optimization: An Introduction with Metaheuristic Applications, 2010. Wiley.
- [16] Goldberg DE, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, 1989. Addison-Wesley Professional.
- [17] Deb K, Pratap A, Agarwal S, Meyarivan T. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II.
- [18] Haykin S. Adaptive Filter Theory, 2002, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [19] Widrow B, McCool JM, Larimore M, Johnson CR. Stationary and nonstationary learning characteristics of the LMS adaptive filter, Proceedings of the IEEE: 1976; Vol. 64, No. 8, 1151 – 1162.
- [20] Mitra SK. Digital Signal Processing: A Computer Based Approach. 1998, New York: McGraw-Hill.
- [21] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na mreži: <http://www.nti-audio.com/Portals/0/data/en/MiniSPL-Measurement-Microphone-Product-Data.pdf>, pristupano 19.9.2023.
- [22] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na mreži: [http://download.steinberg.net/downloads\\_hardware/UR22/UR22\\_documentation/UR22\\_OperationManual\\_en.pdf](http://download.steinberg.net/downloads_hardware/UR22/UR22_documentation/UR22_OperationManual_en.pdf), pristupano 19.9.2023.
- [23] ANSI S1.11: Specification for Octave, Half-Octave, and Third Octave Band Filter Sets; 2004. Acoustical Society of America, New York.
- [24] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na mreži: <http://www2.jblpro.com/catalog/General/Product.aspx?Pid=24&Mid=7>, pristupano 19.9.2023.
- [25] Mitra A. On the Properties of Pseudo Noise Sequences with a Simple Proposal of Randomness Test, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Scholarly and Scientific Research and Innovation: 2008: Vol. 2, No .9, 631 – 636.

# FROM THE FIRST ARDUINO TO A SPACE EXPLORATION ROVER AND A FUNCTIONAL DRONE

## EXPERIENCES FROM A STUDENT'S PERSPECTIVE

Miloš Rašić

University of Belgrade – School of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia  
milosrasic98@gmail.com

### ABSTRACT

Arduino has a profound and transformative impact on the field of electronics. Since its inception in the early 2000s, Arduino open-source ethos and user-friendly approach have democratized electronics development. Moreover, Arduino has empowered individuals, from novices to seasoned engineers, to prototype rapidly and implement a wide array of electronic projects. Arduino standardized hardware and software interfaces, exemplified by the iconic Arduino Uno board, have simplified the complexities of microcontroller programming, making it accessible to a broader audience. This accessibility has fostered innovation across diverse domains, including robotics, home automation, wearable technology, and scientific research. Moreover, an extensive ecosystem of shields, sensors, and libraries has accelerated project development, enabling inventors to focus on creative problem-solving rather than “*reinventing the wheel*”. Arduino has become an educational staple in academia, enhancing Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) learning and encouraging a new generation of electronics enthusiasts. The goal of this paper is to demonstrate the power and versatility of Arduino and the concept of open-source hardware through the Author's personal experience and projects as a student of electrical engineering.

**Keywords:** open hardware, open-source, Arduino, open educational resources, robotics, drone.

### 1 Introduction

The overarching objective behind Arduino was to engineer a device characterized by simplicity, seamless connectivity to diverse peripherals (e.g., relays, motors, sensors), ease of programmability, and cost-effectiveness, catering to the resource constraints often encountered by students and artists. To realize this vision, they used Atmel AVR family of 8-bit microcontroller unit (MCU) devices, designed a circuit board with easy-to-use connections, wrote the MCU bootloader firmware, and packaged it into an integrated development environment (IDE). The culmination of these engineering endeavors materialized into what we now know as Arduino.

The most recognizable and famous board that was made is the Arduino Uno with Atmel ATMEGA328p MCU [1]. Back in 2021, Arduino reported on selling 10 million Uno boards [2], but the actual number is much higher since it does not account for all of the copies that are on the market. Uno is not the only board they are selling. Their portfolio includes a wide range of different boards, each tailored to a specific purpose. Taking a look at their MKR family [3], there are now Arduino boards that support various communication technologies out of the box like Wi-Fi, GSM (Global System for Mobile Communication), LoRa (Long Range), and others. Most recently,



Arduino Pro has been launched, which is aimed towards industrial use and includes new, more powerful boards, a new IDE, and Arduino Cloud Support [4].

The Author's first contact with Arduino was through an Arduino Starter Kit which sparked an interest in robotics and electrical engineering which ultimately led to studying electrical engineering at the University of Belgrade as well as dozens of various projects that had an Arduino as a core element. This paper will present a couple of representative projects that use Arduino and show the use of different, specialized Arduino boards.

## 2 Power of the Arduino

Selection of Arduino development boards is continuously growing, adding development boards with new features year after year, making Arduino more popular. These development boards are developed to be easy to start using, boards are shipped with a bootloader and they are selectable through the Arduino IDE, and were developed to keep the core functions the same between different boards, meaning that most codes can easily be transferred from one board to another. These two factors paired with the sheer number of people using them, as well as the free software and open-source hardware nature of Arduino products mean that there is an abundance of resources for any Arduino board or project, whether it is software-related or hardware-related.

Tackling a board-specific problem which can include something from the errata sheet can be a rather difficult and tedious process, but due to the number of people actively working with the boards and sharing their designs, insights, and troubleshooting online with other people, there is a good chance that someone has already found a solution for that problem. The issues faced in the context of Arduino are not confined solely to the hardware or software intricacies of the Arduino board itself. They often extend to encompass broader challenges encountered in the projects employing Arduino as a fundamental building block. These challenges are further compounded by the ever-growing online community of Arduino enthusiasts who avidly share their projects, solutions, and insights. This collective knowledge repository has facilitated a culture of collaborative problem-solving and innovation.

A significant aspect lies in individuals' ability to readily combine and adapt existing free software and open-source hardware Arduino project components, like assembling a puzzle. This capability accelerates project development, encourages innovative applications, and enhances Arduino adaptability and accessibility in the field of electronics and embedded systems.

### 2.1 Simple as pushing a button

The Arduino IDE is a great tool that lets the user compile and send the code to the board with a single mouse click. A small button is the simplest form of hardware user interface that can be connected to an Arduino, and to read the pin value Arduino provides the command *digitalRead()*. While reading a simple button input on an Arduino is not impressive in itself, this low-level use of Arduino can still produce excellent scientific results. One example of that can be measuring a person's reaction time which is used in psychology, another example would be the apparatus designed to prove the Fast Chain Problem hypothesis for the International Young Physics Tournament (IYPT) 2017 [5][6].

The fast chain problem describes the phenomenon where a chain of wooden planks where the planks are inclined alternating to which side (Figure 1). Compared to free fall, the chain that falls on a horizontal surface falls faster.

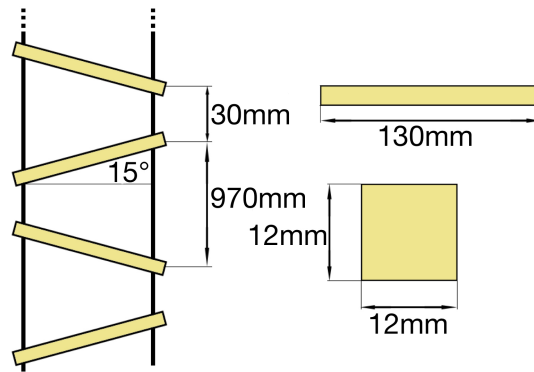


Figure 1 - The Fast Chain Problem - The Chain consisted of identical wooden planks connected by thin rope at both ends where the planks were angled at 15 degrees. Photo credit: Miloš Rašić.

Engineering an apparatus that can prove this phenomenon uses the same Arduino basics as those shown for reading a button press with an addition of tracking internal time on the Arduino using the *micros()* function. To prove this phenomenon, the experimental setup was constructed [7], it included a mechanism for dropping two identical chains that were shown in Figure 1 as well as a pair of laser gates that are connected to the Arduino, the setup can be seen in Figure 2. A laser gate consists of a light-emitting diode (LED) and a phototransistor that functions as a button depending on the amount of light hitting it.



Figure 2 - Experimental Setup - The setup consisted of the quick release mechanism at the top, horizontal reference lines in the background, 120 frames per s (FPS) capable camera, and two sets of laser gates connected to an Arduino. Photo credit: Miloš Rašić.

With the described experimental setup, a code was developed to treat the phototransistors as buttons so it can measure the time in  $\mu\text{s}$  between phototransistors being triggered. The difference in times measured with the Arduino represented the time it took for a single wooden plank to go between the two phototransistors that were mounted at a known distance. Calculating that time for each plank provides a comprehensive picture of the speed of the chain changing as it goes further down. One of the recorded results is shown in Figure 3 where a clear difference can be seen between the speeds of the two chains and how that difference increases as the chain is going further down. Analyzing

those results, a conclusion has been made that the chain that was not free-falling started accelerating faster than gravity once it hit the table, thus, proving the hypothesis of the experiment.

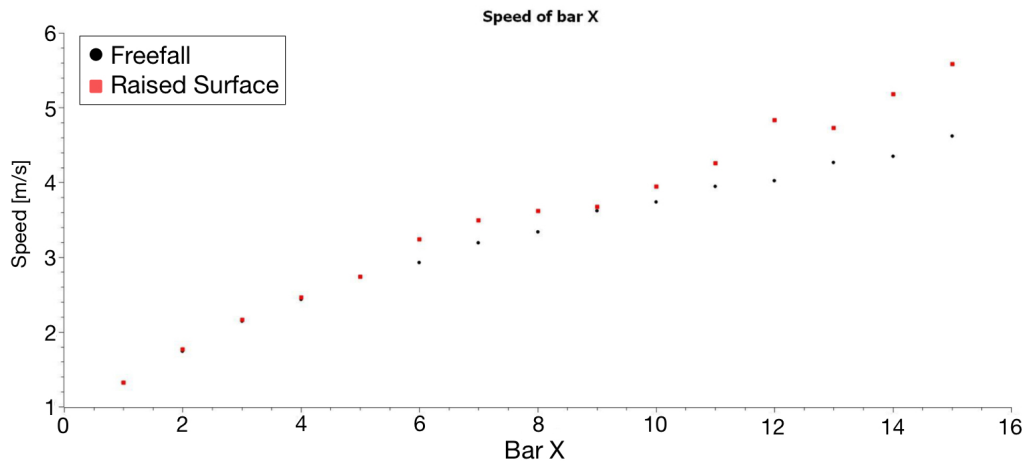


Figure 3 - Experimental Results - The results prove the hypothesis of the given problem and the first 5 planks prove that the setup is working since the planks had not started hitting the surface yet at that point, so the speeds on both chains should match. Photo credit: Miloš Rašić.

### 3 Advanced uses of an Arduino

While the majority of use cases for an Arduino are of an educational and experimental nature, that does not mean that an Arduino can not be used in more advanced projects or even in commercial products. This section will give an overview of three advanced Arduino student projects, an open-source Arduino-based drone and two mobile robotics projects, one completely Arduino-based, and the second one using an Arduino as a hardware controller.

#### 3.1 Arduino-based drone

The drone was developed for the Attack of the Drones Competition [8], and it was based around MultiWii [9], which is an open-source flight controller (FC) that can run on any Arduino. MultiWii also includes a graphical user interface (GUI) for configuring different kinds of copters as can be seen in Figure 4.



Figure 4 - Multiwii GUI - Screenshot of the interface for configuring an Arduino-based drone with MultiWii firmware. Photo credit: Miloš Rašić.

Pairing an Arduino that has configured MultiWii with motors and motor controllers encapsulated all of the electronics needed for a functioning drone besides the communication with the pilot. Another great thing about the Arduino ecosystem is that because of its popularity, a lot of third-party companies are developing modules for Arduino in the form of sensors, actuators, shields, or even custom Arduino boards. Using off-the-shelf third-party wireless communication modules with two additional Arduino Nanos, all of the electronics for the drone are covered [10] as can be seen in Figures 5 and 6.

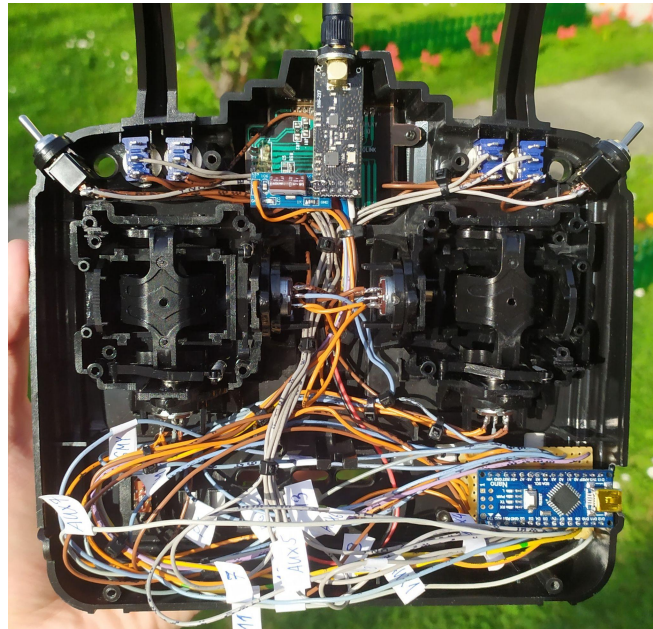


Figure 5 - Radio Control (RC) Transmitter - An off-the-shelf RC transmitter modified with additional inputs with an added wireless communication module and an Arduino Nano. Photo credit: Miloš Rašić.

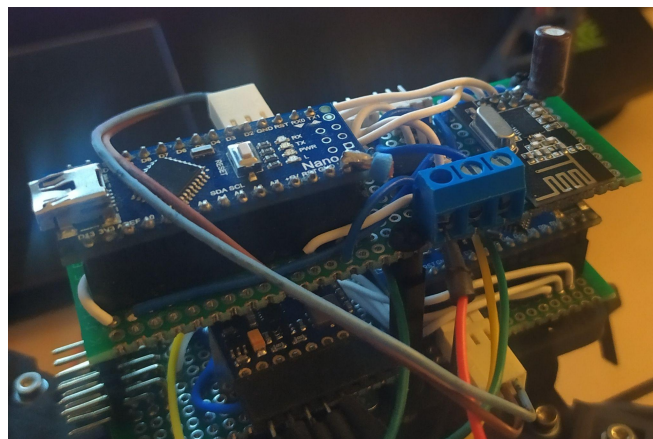


Figure 6 - Arduino FC and RC Receiver - Two Arduino Nanos are used for the whole drone's electronic setup, one is used as the FC and the other one as the RC receiver. Photo credit: Miloš Rašić.

Electronics setup shown in Figures 5 and 6 provides the bare minimum needed for operating a drone manually with the system only performing calculations to keep the drone level or at a set angle depending on the input from the drone pilot. However, with this open-source setup, adding additional sensors, actuators, or single board computers (SBC) like a Raspberry Pi [11] is not an issue, the use case dictates the additions to the drone. A completed drone with an added Raspberry Pi 4 can be seen in Figure 7.





Figure 7 - Completed Drone - The drone houses all of the electronics shown in Figure 6, the frame of the drone is constructed out of polyvinyl chloride (PVC) pipes, and out of polylactic acid (PLA) three-dimensional (3D) printed plastic. Photo credit: Miloš Rašić.

### 3.2 Arduino mobile robotics platform - Rover

For simpler robotics projects an Arduino is powerful enough to be the main processor of the whole robot, this means it needs to handle the communication with the user, put the user commands through control algorithms to produce output, perform low-level control of hardware, control all of the actuators, and reading all of the sensors. An Arduino-based mobile robotics platform that was developed for the Just Encase Design Challenge [12][13] can be seen in Figure 8.

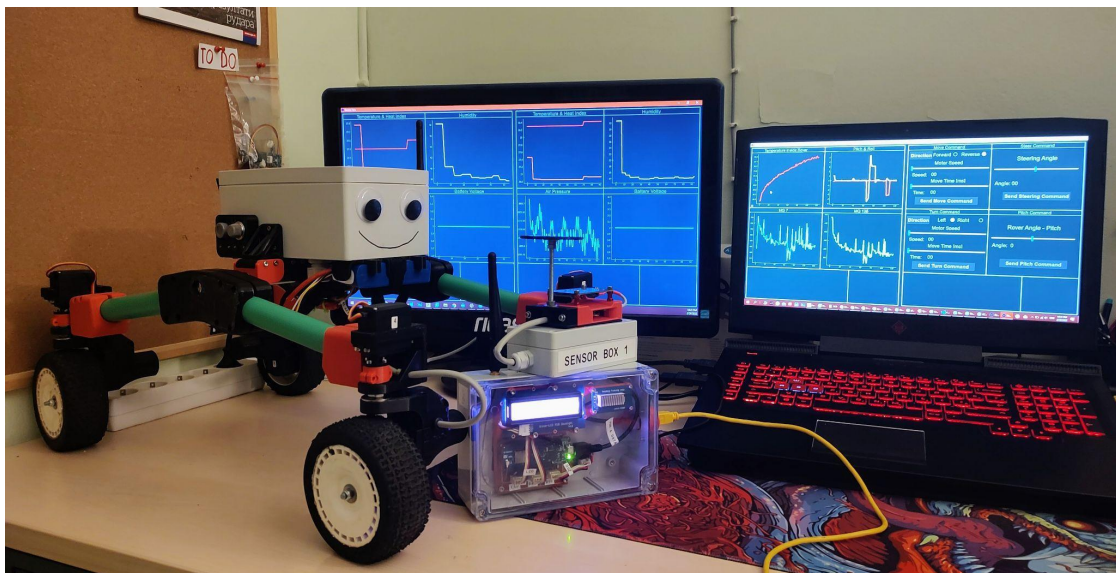


Figure 8 - Orbweaver Rover V1 (OR V1) - Completely Arduino-based rover with LoRa communication presented with the GUI as well as the communication link and sensor node box. Photo credit: Miloš Rašić.

The rover in Figure 8 is completely Arduino-based, it uses an Arduino Mega2560 [14] for controlling all of the motors and an Arduino MKR WAN 1300 [15] for communicating with the personal computer (PC) over LoRa, electronics inside the rover can be seen in Figure 9.

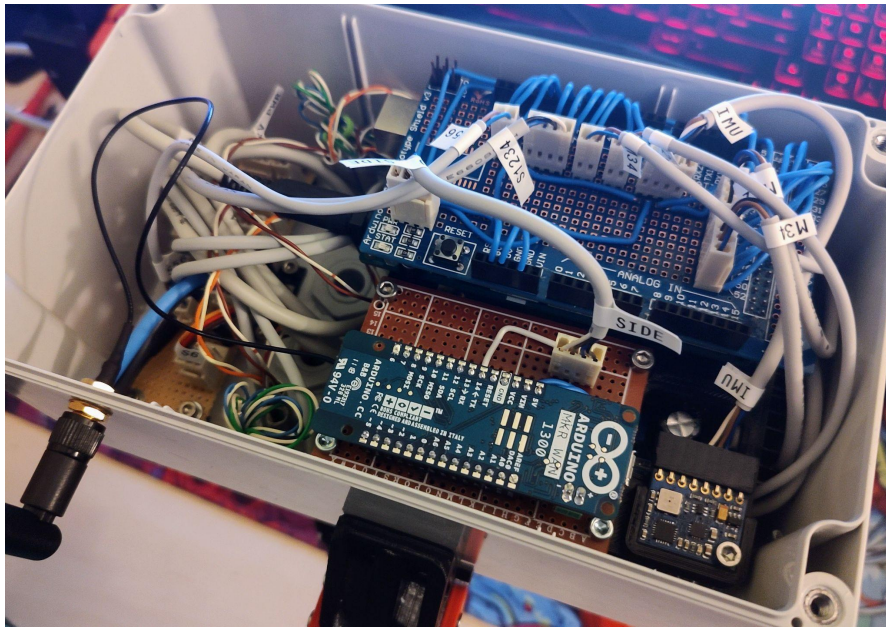


Figure 9 - Electronics inside the rover - Electronics inside include the two Arduino boards used for controlling and communication, an inertial measurement unit (IMU), motor controllers as well as additional power electronics. Photo credit: Miloš Rašić.

A special feature of this rover is the sensor node boxes which house another Arduino MKR WAN 1300 with various environmental sensors (Figure 10). The rover's mission was to drop sensor node boxes in a net to monitor environmental data in a greater area.



Figure 10 - Sensor Box - Sensor boxes are made to be completely weatherproof as well as waterproof, besides the Arduino they house sensors for measuring air pressure, temperature, humidity, and whether it is raining or not. Photo credit: Miloš Rašić.

For more advanced robotics projects, an MCU might not be optimal to be used for everything like shown on the rover above, in those cases, an SBC is used for running all of the algorithms and the operating system for the robot, while MCUs are used for real-time hardware control and smaller algorithms. An example of such a robotics project that was developed for Bachelor thesis [16] is presented in Figure 11 [17][18].



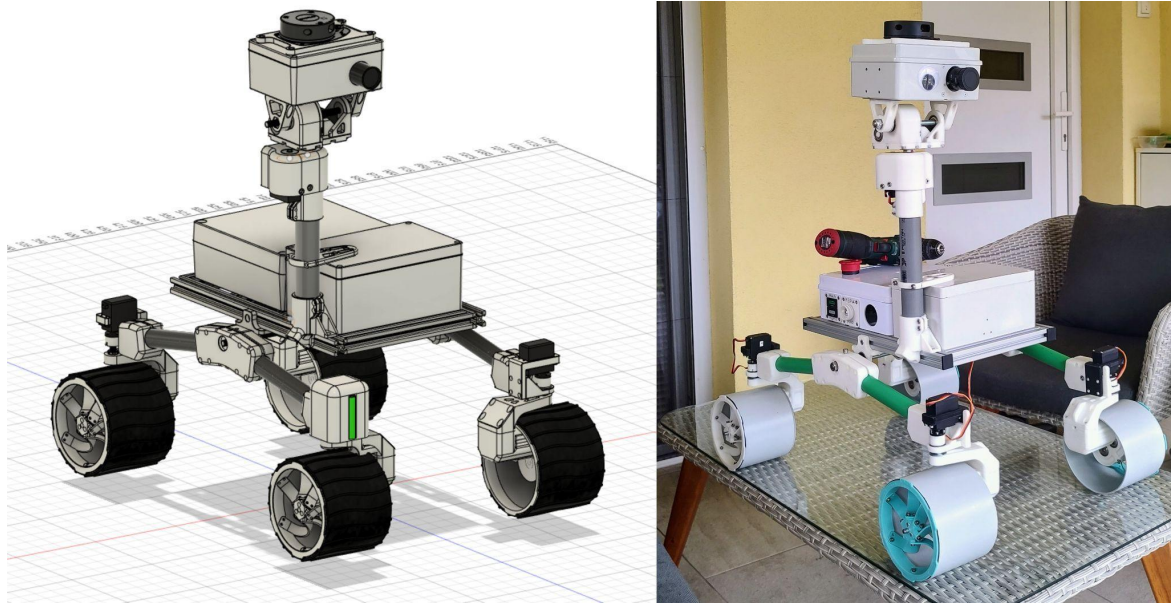


Figure 11 - Orbweaver Rover V2 (OR V2) - A more advanced and bigger version compared to the V1. It is not completely Arduino-based, it uses a Raspberry Pi 4 running robot operating system (ROS) On the left is the CAD model of the OR V2 designed in Autodesk Fusion 360 [19], and on the right is the actual OR V2 made according to the CAD model. Photo credit: Miloš Rašić.

The OR V2 rover uses the same materials as OR V1 with the addition of an aluminum frame, it also has a more powerful drive system, custom-engineered active differential suspension, and a head with two degrees of freedom.

## 4 Conclusion

In conclusion, Arduino has undeniably played a pivotal role in revolutionizing the field of electronics since its inception in the early 2000s. Its open-source philosophy, user-friendly design, and standardized hardware and software interfaces have democratized electronics development, empowering a wide spectrum of individuals, from beginners to seasoned engineers, to engage in rapid prototyping and diverse electronic projects.

Furthermore, Arduino has established itself as an indispensable educational tool, enhancing Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) learning and fostering a new generation of electronics enthusiasts. Its global community and collaborative spirit have nurtured a culture of shared knowledge and collective problem-solving, propelling Arduino influence to greater heights. In this paper, this is illustrated by the presentation of the Author's projects from a student perspective with the beginnings as a hobbyist that resulted in the construction of an award-winning drone and a rover designed and built for a Bachelor thesis at the University of Belgrade – School of Electrical Engineering and showcased on Arduino Youtube channel.

## Acknowledgment

I would like to thank Assoc. Prof. Nadica Miljković, PhD, for her initiative and support for this paper, as well as Assoc. Prof. Kosta Jovanović, PhD for the mentorship for the Bachelor thesis (OR V2). I am also grateful to Arduino for the opportunity to be an official community speaker for Arduino Day 2023 as well as my colleagues who helped me along the way with this paper, especially Pavle Radojković.

## References

- [1] Arduino Uno R3 [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3> [Accessed on September 6, 2023].
- [2] 10M Arduino Uno boards sold worldwide [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://www.controldesign.com/management/financials/news/11291667/10m-arduino-uno-boards-sold-worldwide> [Accessed on September 6, 2023].
- [3] Arduino MKR [Internet]. Cited [2023 September]. Available from: <https://store.arduino.cc/collections/mkr-family> [Accessed on September 6, 2023].
- [4] Arduino PRO: Edge IoT technology [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://www.arduino.cc/pro/> [Accessed on September 6, 2023].
- [5] Problems for the 30<sup>th</sup> IYPT 2017 [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://physics.nankai.edu.cn/upload/article/files/dd/fc/51589d0a45a582b936e123651bf0/65867421-bf1a-446c-ac98-ec7a932964b0.pdf> [Accessed on September 6, 2023].
- [6] Anoop Grewal, Phillip Johnson, Andy Ruina. A chain that accelerates, rather than slows, due to collisions: how compression can cause tension. [Internet]. 2011 [cited 2023 September]. Available from: <https://doi.org/10.1119/1.3583481>
- [7] Miloš Rašić. The Fast Chain Problem - Arduino Laser Gates [Internet]. 2020 August [cited 2023 September]. Available from: <https://community.element14.com/challenges-projects/project14/provingscience/b/blog/posts/the-fast-chain-problem---arduino-laser-gates> [Accessed on September 6, 2023].
- [8] Attack of the Drones [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://community.element14.com/challenges-projects/project14/attackofthedrones/> [Accessed on September 6, 2023].
- [9] MultiWii [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <http://www.multiwii.com/> [Accessed on September 6, 2023].
- [10] Miloš Rašić. SRD-1 - 3D Printed Drone (Arduino + Raspberry) [Internet]. 2021 May [cited 2023 September]. Available from: <https://community.element14.com/challenges-projects/project14/attackofthedrones/b/blog/posts/srd-1---3d-printed-drone-arduino-raspberry---june-11th-update---it-flies> [Accessed on September 6, 2023].
- [11] Raspberry Pi Foundation [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://www.raspberrypi.org/> [Accessed on September 6, 2023].
- [12] Just Encase Design Challenge [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://community.element14.com/challenges-projects/design-challenges/just-encase/w/documents/23203/just-encase-design-challenge?ICID=justencase-DCH-topban> [Accessed on September 10, 2023].
- [13] Miloš Rašić. Orb-Weaver Rover - Blog #6 - Project Overview 2022 February [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://community.element14.com/challenges-projects/design-challenges/just-encase/b/blog/posts/orb-weaver-rover---blog-6---project-overview> [Accessed on September 6, 2023].
- [14] Arduino Mega2560 [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3> [Accessed on September 6, 2023].
- [15] Arduino MKR WAN 1300 [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://docs.arduino.cc/hardware/mkr-wan-1300> [Accessed on September 6, 2023].
- [16] Miloš Rašić. Projektovanje hardvera i softvera poluautonomne robotkse platforme - Rovera [Development of hardware and software for a semi autonomous robotics platform - Rover]. Defended as Bachelor thesis at the University of Belgrade - School of Electrical Engineering. 2022 [cited 2023 September].
- [17] Arduino. Miloš Rašić: A Robotic Rover Platform with an Arduino [Internet]. 2023 April [cited 2023 September]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=a0kLL-SsM8M> [Accessed on September 6, 2023].
- [18] Miloš Rašić. Developing Hardware and Software for a semi-autonomous robotics platform – Rover [Internet]. 2022 December [cited 2023 September]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=TZxxp5M1z94> [Accessed on September 6, 2023].
- [19] Autodesk Fusion 360: More than CAD, it's the future of design and manufacturing [Internet]. [cited 2023 September]. Available from: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> [Accessed on September 10, 2023].



# Powerful and Efficient Task Management with nvim-orgmode

Branislav Gerazov<sup>1</sup> and Kristijan Husak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies  
Ss Cyril and Methodius University in Skopje, Macedonia

<sup>2</sup> Stickermule, United States

[gerazov@feit.ukim.edu.mk](mailto:gerazov@feit.ukim.edu.mk), [husakkristijan@gmail.com](mailto:husakkristijan@gmail.com)

## Abstract

In recent years, there has been an explosion of methods and tools for task management. We provide an overview of various traditional and digital solutions for task management, including pen and paper, calendar apps, spreadsheets, Org mode, and nvim-orgmode. By discussing the benefits and drawbacks of each approach, we aim to help users identify a method or tool that suits their individual preferences, workflow requirements, and compatibility with existing systems. We specifically highlight nvim-orgmode as a powerful, robust, lightweight and lightning fast task management tool built in Neovim's plug-in rich terminal-based environment. This makes it an invaluable resource for individuals seeking efficient and effective ways to manage their tasks, ideas, and information.

**Key words** [task management, free software, Neovim, orgmode]

## 1 Why Task Management?

He who every morning plans the transactions of that day and follows that plan carries a thread that will guide him through the labyrinth of the most busy life.

*Victor Hugo*

I love deadlines. I like the whooshing sound they make as they fly by.

*Douglas Adams*

In today's fast-paced world, managing tasks effectively has become crucial for both personal and professional growth. Task management refers to the process of organizing, prioritizing, and tracking activities to accomplish goals efficiently [1]. Although, sometimes used interchangeably with time management, task management is the more appropriate term, as in essence, we can only manage our tasks but not time itself.

One significant advantage of task management is its ability to help individuals and organizations keep track of events and deadlines. It aids in staying on top of crucial aspects such as classes, meetings, exams, thesis defenses, paper submissions, reviews, travel plans, and administrative tasks, all while ensuring that these activities align with both short-term and long-term objectives.

Another pro of task management is its role in facilitating goal achievement. By breaking down larger goals into manageable tasks, individuals can more effectively allocate their time and effort to high-

priority activities, thus avoiding wasting time on "busy work" that doesn't contribute to meaningful outcomes.

Task management also enhances efficiency and effectiveness by encouraging the prioritization of tasks based on importance and urgency. This approach enables individuals to make better use of available time and resources, ultimately leading to improved overall productivity.

Additionally, task management provides a tangible way to measure progress. By tracking accomplishments and milestones, individuals can assess their performance, identify areas that may require improvement, and make necessary adjustments for future tasks.

Lastly, effective task management can significantly reduce stress levels by providing a sense of organization and control over one's workload. When tasks are organized and planned, the feeling of being overwhelmed is greatly diminished, allowing individuals to approach their responsibilities with a clearer mindset and better focus on achieving their objectives.

A variety of methods and tools are available to help individuals become more effective at task management, ensuring they make the most out of their time and energy. We will explore different approaches to task management, as well as various tools that can aid in organizing and prioritizing tasks, ultimately leading to increased productivity and a more streamlined workflow.

## 2 Task Management Methods

There is no one-size-fits-all recipe for effective task management, which is why a multitude of approaches have been proposed, with a lot of overlap, but also each with its own unique take. It's important for everyone to cherry-pick the methods that work for them and create their own personalized system to maximize results.

One of the most popular and influential task management methods is David Allen's *Getting Things Done* (GTD) approach [2]. GTD helps individuals organize their tasks by breaking them down into actionable steps, setting goals, and using a combination of digital tools and analog systems to keep track of everything.

The *2 - Minute Rule* is another popular time management technique that encourages completing small tasks immediately rather than adding them to a to-do list [3]. This approach helps reduce the mental burden of constantly thinking about pending tasks and keeps the focus on bigger, more important tasks.

The *Eisenhower Matrix* prioritizes tasks into four quadrants based on their urgency and importance: Do, Schedule, Delegate, Delete [4]. This method helps individuals decide which tasks to tackle first and how best to allocate their time and energy.

The *Ivy Lee Method* involves listing the six most important tasks to accomplish each day and prioritizing them based on importance. By focusing on these crucial tasks first, this technique ensures that vital work is completed before moving on to less pressing matters.

*Task-based Time Blocking* involves scheduling blocks of time for particular tasks, creating a structured daily agenda. This method helps individuals manage their time more efficiently by dedicating specific periods to specific activities, reducing interruptions and distractions.

*Batch Email Sessions* from the book "The 4-Hour Workweek" by Timothy Ferriss is another approach that encourages setting aside dedicated time blocks for email management [5]. By batching emails together rather than responding to them as they come in throughout the day, this method allows individuals to minimize the impact of email on their productivity and focus on more important tasks.

*Highlights & Laser-focus* from the book "Make Time" by Jake Knapp and John Zeratsky, emphasize

the importance of focusing on middle-sized projects you can complete in a day, as well as reducing the number of tasks and eliminating distractions [6].

### **3 Task Management Tools**

Task management tools have evolved considerably in recent years, providing individuals with a plethora of options to choose from. In this paper, we will explore various task management methods and tools, including traditional and digital solutions: pen and paper, calendar apps, spreadsheets, and Org mode.

#### **3.1 Pen and paper**

Using pen and paper for task management offers several benefits, making it a popular choice. It's simple to use with no technical skills required and accessible to everyone. Writing on pen and paper provides a tangible, hands-on experience. There's something satisfying about physically crossing off completed tasks or reorganizing your list with ease. Additionally, they are portable and do not rely on batteries or Wi-Fi. Finally, using pen and paper minimizes distractions compared to digital tools, leading to improved productivity and better information retention.

On the other hand, pen and paper can have some limitations, such as requiring manual updating to-do lists, which can be time-consuming and prone to human error. Searching and retrieval in a physical notebook is cumbersome compared to digital tools with built-in search functions, leading to difficulty finding specific information. Additionally, pen and paper do not offer any reminders for upcoming tasks or deadlines, which could result in missing important appointments or due dates. Furthermore, long-term planning can be challenging using pen and paper as they lack the visual organization and flexibility provided by digital tools such as calendars and Gantt charts. Finally, relying on a single physical notebook restricts access to tasks or notes while on-the-go - it can only be at one place at a certain time.

#### **3.2 Calendar apps**

Using calendar apps offers several benefits that make them an ideal tool for managing time-specific tasks. They provide a visual representation of tasks, allowing users to see at a glance how they fit into their day, week, or month, and easily reschedule if needed. Additionally, built-in reminders and alerts help ensure important appointments or deadlines are never missed, while customizable notifications can be tailored to personal preferences. Finally, recurring tasks are easy to set up with calendar apps, saving time and effort compared to manual inputting of each occurrence. All these features make them an efficient tool for managing time-specific tasks effectively.

While calendar apps have many benefits, they also come with some downsides. The overwhelming nature of scheduling every task on the calendar can lead to clutter and make it difficult to navigate through appointments and deadlines. Additionally, managing flexible tasks, such as those without specific start or end times or open-ended tasks, can be challenging in a calendar format. Finally, lack of task clustering and organization can result in a disorganized and confusing display of daily activities, which may lead to difficulty in prioritizing and focusing on important tasks.

#### **3.3 Spreadsheets**

Spreadsheets offer several features that make them a convenient option for managing tasks efficiently. They're ideal for organizing data in a structured manner using dates as rows and categorizing tasks in columns. They allow for easy search and retrieval of specific tasks within one file. Finally, local task storage ensures that the files can be accessed without needing an internet connection or subscription to a particular software service.

While spreadsheets can provide some level of organization and tracking for tasks, they have certain limitations that may make them less effective than specialized task management tools. One significant downside is the absence of reminders and alerts. Without these features, it's easy to forget important deadlines or tasks, potentially leading to missed opportunities or incomplete work. Another disadvantage is the limited space for entering tasks due to column width. This can become a problem when dealing with lengthy descriptions or notes, which may need to be split across multiple rows or columns. As a result, keeping track of information can become cluttered and difficult to read. Lastly, spreadsheets may also have limited space if many task categories are needed. While they allow for some flexibility in organizing tasks by adding more columns, this can quickly lead to information overload and make it challenging to find specific entries.

## 4 Org mode

Org mode (organization mode) is a powerful and versatile GNU Emacs tool that excels in organizing tasks, notes, and documents, making it a comprehensive tool for task management and note-taking [7]. It is ideal for keeping notes, authoring documents, computational notebooks, literate programming, maintaining to-do lists, planning projects, and much more. This flexible application is ideal for anyone looking for an efficient way to manage their tasks, ideas, and information in one organized place.

Some of the pros of Org mode are that it's highly customizable, allowing users to create complex hierarchies and structures for organizing tasks according to their preferences. Additionally, its plain text format ensures the task files are easy to work with, future-technology-proof, easily integrate with version control, and offer offline accessibility.

Flexible scheduling and deadline management is another key advantage of Org mode. Users can effortlessly add various types of tasks, notes, code blocks, tables, links, and more to create comprehensive project structures. Furthermore, it enables measuring the time spent on a task, making it an invaluable asset for productivity tracking.

Org mode also offers easy scheduling for recurring tasks, as well as the ability to group tasks into projects and assign them with tags and priorities. The agenda is a calendar like view consolidating all scheduled tasks, deadlines, and events, and providing users with a comprehensive overview of their workload and progress.

One of the main drawbacks of Org mode is that it is an GNU Emacs tool [8]. As such, it relies on using GNU Emacs, which is resource-intensive and has a steep learning curve for users unfamiliar with the text editor. Additionally, Org mode's visualization is primarily text-based, which may be less appealing than graphical calendar apps when it comes to viewing scheduled tasks and deadlines through its Agenda view.

## 5 nvim-orgmode

`nvim-orgmode` [9] is a lightweight yet powerful implementation of Org mode for Neovim, an open-source terminal-based text editor. With that it inherits the major benefits of Neovim including its extensive and rich plugin ecosystem, its ergonomics, as well as its unrivaled speed [10]. This allows for greater customization and functionality, ensuring a smooth and tailored experience for users. Neovim boasts lightning-fast startup times of around 20 ms, and unparalleled task entry and editing speeds. The fuzzy search feature allows users to quickly locate files and content within their Org mode documents. Figure 1 shows `nvim-orgmode` in action.

Another positive aspect of `nvim-orgmode` is its active and welcoming community. Bug fixes are rapidly implemented, ensuring a stable and smooth experience for users. The issues discussed in the community are promptly addressed, fostering an environment where ideas and suggestions can be

```

1  ← conf.org      2  ← pssoh.org      3  ← travel.org
#+title: PSSOH paper
#+author: Branislav Gerazov

● DOING paper                                     :pssoh:
  ○ paper template
    https://zenodo.org/record/5084626
  ○ DONE submit paper
    DEADLINE: <2023-09-09 саб> SCHEDULED: <2024-02-19 пон> CLOSED: [2024-02-19 пон 19:28]
  ○ TODO prepare camera-ready paper
    SCHEDULED: <2024-02-26 пон>
  ○ TODO submit camera-ready paper
    DEADLINE: <2023-10-22 нед> SCHEDULED: <2024-02-26 пон>

● DOING [#A] presentation and live demo           :presentation:
  SCHEDULED: <2023-10-14 саб>
  :LOGBOOK:
  CLOCK: [2023-10-14 саб 12:42]
  CLOCK: [2023-10-13 пет 19:08]--[2023-10-13 пет 21:39] ⇒ 2:31
  CLOCK: [2023-10-13 пет 10:34]--[2023-10-13 пет 11:48] ⇒ 1:14
  :END:
  ○ SKIPPED setup lookatme + ueberzug
    SCHEDULED: <2023-10-11 сре> CLOSED: [2023-10-12 чет 03:01]
  ○ DONE prepare presentation [2/2]
    SCHEDULED: <2023-10-13 пет> CLOSED: [2023-10-13 пет 21:14]
    • [✓] intro slides [3/3]
    • [✓] slides on methods
    • [✓] slides on tools
    • [✓] slides on orgmode
    • [✓] prepare demo

Week-agenda (W41):
понеделник 09 октомври 2023
  travel:      Scheduled: DONE [#A] book accommodation
вторник 10 октомври 2023
среда 11 октомври 2023
  pssoh:      Scheduled: SKIPPED setup lookatme + ueberzug           :presentation:
четврток 12 октомври 2023
  travel:      12:00..... Scheduled: DONE start trip
петок 13 октомври 2023
  pssoh:      Scheduled: DONE prepare presentation [2/2]           :presentation:
сабота 14 октомври 2023
  conf:        10:00-10:20 Scheduled: DONE Introductory session       :pssoh:
  conf:        10:20-11:20 Scheduled: DONE Plenary session           :pssoh:
  conf:        11:20-12:40 Scheduled: DONE Refreshment break        :pssoh:
  conf:        12:40-14:00 Scheduled: DOING PSSOH session with invited lectures :pssoh:
  conf:        14:00..... Scheduled: TODO Conference Closing        :pssoh:
  travel:      22:00..... Scheduled: TODO return home
  pssoh:      Scheduled: DOING [#A] presentation and live demo       :presentation:
  conf:        Scheduled: TODO PSSOH 2023 agenda                   :pssoh:
недела 15 октомври 2023

NORMAL pssoh.org  ← org  en  17:31 58% 29

```

Figure 1: nvim-orgmode in action

openly shared and improved upon.

While nvim-orgmode offers numerous advantages, it also has some potential drawbacks for new users. One of these is the steep learning curve associated with using Neovim, which may require additional effort to adapt to if you're not already familiar with this text editor. Additionally, there may be a temporary lack of feature parity compared to Org mode in Emacs, as some features have not yet been ported. Despite these potential challenges, nvim-orgmode remains an attractive option for users seeking a powerful and customizable Org mode experience within a terminal-based environment.

## 6 Conclusion

The choice of task management method or tool depends on personal preferences, workflow requirements, and compatibility with existing systems. Pen and paper provide a straightforward approach, but digital



tools like calendar apps, spreadsheets, Org mode, and nvim-orgmode offer advanced features and benefits. Finding the right balance between using the right tool at the right time, customizing it according to your needs, and consistently applying it in your daily life is crucial for efficiency and effectiveness. nvim-orgmode offers a lightweight, powerful and customizable Org in Neovim's plugin-rich terminal-based environment. It is the fastest tool available with minimal startup times, lightning-fast task editing and quick search capabilities. The choice of tool depends on your specific needs, workflow, and personal preferences, with nvim-orgmode is a noteworthy option for users seeking a robust, powerful and fast task management solution.

## References

- [1] Claessens BJ, Van Eerde W, Rutte CG, Roe RA. A review of the time management literature. *Personnel review*. 2007 Feb 13;36(2):255-76.
- [2] Allen D. *Getting things done: The art of stress-free productivity*. Penguin; 2015 Mar 17.
- [3] Crais, Robert. *The Two Minute Rule*. Simon and Schuster, 2007.
- [4] Dwight D. Eisenhower (August 19, 1954). Address at the Second Assembly of the World Council of Churches, <https://www.presidency.ucsb.edu/documents/address-the-second-assembly-the-world-council-churches-evanston-illinois>, Accessed on February 19, 2024.
- [5] Ferriss T. *The 4-hour work week: Escape the 9-5, live anywhere and join the new rich*. Random House; 2011 Aug 31.
- [6] Knapp J. and Zeratsky J. *Make Time: How to focus on what matters every day*. Currency; 2018.
- [7] Org Mode - Your life in plain text <https://orgmode.org/>, Accessed on February 19, 2024.
- [8] GNU Emacs <https://www.gnu.org/software/emacs/>, Accessed on February 19, 2024.
- [9] nvim-orgmode <https://github.com/nvim-orgmode/orgmode>, Accessed on February 19, 2024.
- [10] Neovim <https://neovim.io/>, Accessed on February 19, 2024.

# PROJEKAT KNJIŽENSTVO – ŽENSKA KNJIŽEVNOST I DIGITALNA HUMANISTIKA

Biljana Dojčinović

Univerzitet u Beogradu, Filološki fakultet, 11000, Beograd, Srbija

[biljanadn@gmail.com](mailto:biljanadn@gmail.com)

## REZIME

U ovom tekstu predstavljena je digitalna baza podataka *Knjiženstvo, teorija i istorija ženske književnosti na srpskom jeziku do 1915. godine*, nastala u okviru istoimenog projekta Ministarstva prosvete i nauke koji je trajao od 2011. do 2019. godine. Baza je razvijena uz pomoć stručnog tima sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Od 2011. godine, kada je postavljena, nalazi se na adresi [www.knjizenstvo.rs](http://www.knjizenstvo.rs), na kojoj je i elektronski časopis *Knjiženstvo*. Od 2019. godine baza i časopis čine akademsku platformu *Knjiženstvo: književnost, rod, kultura* koja nastoji da očuva rezultate projekta i podstakne razvoj digitalne humanistike. U bazi se nalaze biografski i bibliografski podaci o 176 autorki koje su stvarale na srpskom jeziku, što je značajan doprinos očuvanju kulturnog nasleđa. U završnom delu teksta ukazuje se na probleme u vezi sa održavanjem baze po prestanku projekta resornog Ministarstva. Projekcija idealne upotrebe baze podataka jeste korišćenje u istraživačke i obrazovne svrhe od osnovne škole do akademskih nivoa.

**Ključne reči:** knjiženstvo, digitalna baza podataka, digitalna humanistika, ženska književnost, srpska književnost, slobodan pristup.

## 1 Uvod

Baza podataka *Knjiženstvo, teorija i istorija ženske književnosti na srpskom jeziku do 1915. godine* nastala je u okviru istoimenog projekta Ministarstva prosvete i nauke koji je trajao od 2011. do 2019. godine. Pored baze podataka, formiran je i elektronski časopis pod nazivom *Knjiženstvo, časopis za studije književnosti, roda i kulture*. To su dva osnovna i međusobno povezana elementa ovog projekta koji postoje i danas i nalaze se na elektronskoj adresi [www.knjizenstvo.rs](http://www.knjizenstvo.rs). Na projektu je takođe objavljen i niz publikacija od kojih su one koje su nastale kao rezultat usmerenog grupnog rada (zbornici, prevodi, transkripcije rukopisa) takođe u slobodnom pristupu na sajtu, na stranici posvećenoj izdanjima.

## 2 Nastanak digitalne baze podataka *Knjiženstvo*

Ideja o nastanku baze podataka o autorkama koje su od srednjeg veka do prvih decenija 20. veka pisale na srpskom jeziku, odnosno jezicima koji su mu istorijski prethodili, potekla je od saradnje sa

evropskom bazom podataka *Women Writers in History*. Naime, prilikom studijskog boravka u Utrehtu 2008. godine, imala sam prilike da se upoznam sa Suzan van Dijk, koja je rukovodila pomenutom digitalnom bazom podataka. Tada sam unela prvi zapis o jednoj srpskoj književnici – Milici Stojadinović Srpkinji. Naredne godine uključena sam u COST projekat *Women Writers in History* (IS0901) koji je trajao do 2013. godine. U okviru tog projekta radili smo na dopunjavanju i proširivanju baze podataka o evropskim književnicama do 1929. godine. Ova godina je izabrana zbog toga što je tada objavljen čuveni esej Virdžinije Vulf (Virginia Woolf), *Sopstvena soba* (*A Room of One's Own*). Osim simboličnog značenja, ovaj datum je zemljama poput Srbije ili Češke, na primer, davao mogućnost da imaju veći broj književnica u bazi nego što bi to bilo da smo ostali na prvobitno određenoj granici do 1900. godine. Naime, modernizacija – pismenost, školovanje i ulazak žena u javnu sferu – nikako nije bila istovremena širom Evrope.<sup>1</sup>

Zahvaljujući tom iskustvu pojavili su se obrisi baze podataka o srpskim književnicama. Evropska baza je bila zamišljena kao skup podataka pre svega o recepciji evropske ženske književnosti i zato je ponavljala probleme kultura koje obuhvataju mali broj čitalaca, poput srpske kulture. Recepcija književnosti koju su pisale žene na srpskom jeziku bila je problem i u Srbiji, a izvan nje da ne govorimo – bez prevoda na velike svetske jezike, a u postojećoj geopolitičkoj situaciji teško da bismo bilo šta postigli prisustvom samo u toj bazi podataka. Bilo je neophodno napraviti sličnu bazu o književnicama koje su pisale na srpskom, sa ključnim podacima o njihovom životu (tamo gde je bilo moguće dobiti ih) i na engleskom jeziku. Recepcija će biti uključena, ali nije od dominantne važnosti, već je ravnopravna sa ostalim elementima same baze. Takođe, pretpostavlja se da svako ko želi da istražuje neke od književnica iz baze zna srpski jezik, pa je odlučeno da opisi na engleskom jeziku budu do 30 odsto opisa na srpskom. Uz to, bibliografski podaci ostaju na jeziku na kom je delo napisano. Stranice na srpskom su na ćirilici i latinici, tačnije, pismo se može birati klikom na odgovarajuće dugme.

To su bile osnovne ideje u nacrtu baze. One nisu bile potpuno nove – tekst Slobodanke Peković objavljen u broju 6 *Knjiženstva* (2016) u okviru intervjua sa ovom naučnicom i članicom projekta *Knjiženstvo*, jeste predlog projekta koji je podnela Institutu za književnost i umetnost još sedamdesetih godina (v. Barać, Kolarić: 2016). Cilj projekta je bio da se ženski doprinos srpskoj kulturi sistematski istraži. Predlog je bio odbijen. Nacrt sličnog tipa krajem devedesetih godina podnela sam i sama, ne znajući za pokušaj Slobodanke Peković, ali ovog puta je u pitanju bio Fond za otvoreno društvo. I taj je predlog odbijen. Kada je 2010. godine Ministarstvo prosvete i nauke (kasnije, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja) raspisalo konkurs uveliko sam bila uključena u COST akciju i znala sam da projekat o istraživanju ženske književnosti u Srbiji mora biti organizovan oko digitalne baze podataka. Projekat je prihvaćen i počeo je sa radom u januaru 2011, a završen je u decembru 2019. godine.

### 3 Naziv i ciljevi projekta *Knjiženstvo*

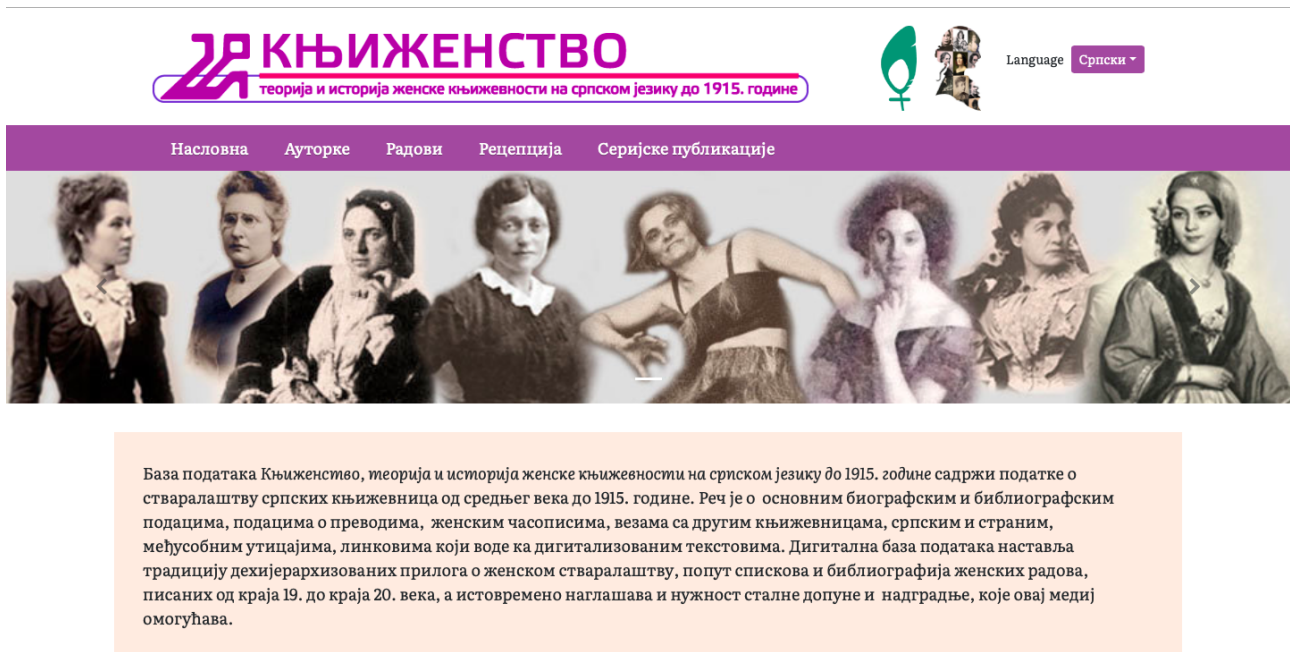
Naziv projekta je preuzet iz renesansnog dubrovačkog jezika – reč knjiženstvo je označavala književnost uopšte – nije, dakle, u pitanju kovanica, već reč koja je korišćena u nešto drugačijem smislu, i koja sada dobija novi smisao. Ova reč je izabrana zato što zvuči kao spoj reči knjiga i ženstvo, a njen sadašnji smisao jeste žensko književno stvaralaštvo ali i istraživanje tog stvaralaštva. Što se tiče podnaslova, teorija i istorija ženske književnosti na srpskom jeziku do 1915. godine, on takođe zaslužuje objašnjenje. Osnovna ideja bila je, naravno, predstaviti srpskoj i stranoj

---

1 Više o nastanku te baze podataka i njenom razvoju do 2011. godine u Dojčinović: Koch: 2011.



javnosti autorke koje su pisale u ovom dugom periodu a od kojih je tek poneka bila poznata, i to neznatno. Ali, zašto teorija? Zato što je osnovno ishodište ovog projekta feministička književna teorija koja se, u jednom svom obliku, ginokritici, bavi upravo rekonstrukcijom ženske književne tradicije (v. Dojčinović-Nešić: 1993). S obzirom na to da su osnove tog pristupa književnosti nastale u okviru anglofone zapadne kulture, trebalo je taj model prilagoditi. Što se istorije tiče, glavno je bilo pitanje izvora. Osnovni izvori su bili publikacija *Srpkinja* iz 1913. godine i *Bibliografija knjiga ženskih pisaca štampanih u Vojvodini, Srbiji, Južnoj Srbiji i Crnoj Gori do svršetka 1935.*, objavljena 1936.<sup>2</sup> Pored toga, enciklopedije pisaca, lokalni izvori o piscima, periodika, sve je to doprinelo da umesto prvobitno planiranih 50 imena sada u bazi ima mnogo više autorki. Među njima su i publicistkinje i prevoditeljke, sve one koje su počele da objavljuju tekstove pre 1915. godine. Ta godina je inače uzeta za graničnu jer je prvobitno projekat trebalo da traje četiri godine i da se završi 2015, pa je razmak od jednog veka izgledao prikladan kao trenutak na kom se zaustavljamo. Osim toga, 1915. je druga godina Prvog svetskog rata i početak duže izdavačke pauze. Postavljeno ograničenje je međutim značilo da radovi autorki dosežu do sredine 20. veka, jer ako je granica za početak objavljivanja 1915. neka duža karijera vodi nas duboko u prošli vek, kao što je slučaj sa Jelenom J. Dimitrijević (1862-1945) koja je poslednju knjigu objavila 1940. godine.



Упутство за коришћење базе  
 База података је, уз електронски часопис Књиженство, часопис за студије књижевности, рода и културе, један од првих  
 Слика 1, Naslovna strana baze podataka *Knjiženstvo*. Izvor: <http://knjizenstvo.etf.bg.ac.rs/sr>, link od 03.10.2023.

Digitalna baza obuhvata sledeće podatke: osnovne, biografske i bibliografske podatke, podatke o prevodima, mogućim vezama sa drugim književnicama, srpskim i stranim. Baza ne sadrži cele tekstove, osim ako već nisu na internetu i mogu se linkovati. Bibliografski opis tekstova je rađen prema programu koji se koristi u Narodnoj biblioteci Srbije. Podaci o jednoj autorki kreću se u opsegu od imena, prezimena i naslova jednog dela, do vrlo obimnih bibliografija i podataka o životu i radu, u zavisnosti od dostupnosti izvora. Pristup bazi je slobodan, a uputstvo za citiranje nalazi se na početnoj strani (Sl. 1).

<sup>2</sup> <http://knjizenstvo.etf.bg.ac.rs/sr/serijske-publikacije/Srpkinja>;  
<http://www.knjizenstvo.rs/sr/vesti/2018/10/skeniran-je-znacajan-izvor-za-istrazivanje-knjizenstva>, linkovi od 04.08.2023.

## Јелена Ј. Димитријевић

1862–1945.



**Супруг** Јован Димитријевић

**Друга имена** Yéléna Y. Dimitriyévitich

**Датум рођења** 27. март 1862.

**Датум смрти** 22. април 1945.

**Часописи**

- Отаџбина
- Босанска вила
- Бранково коло
- Зора
- Звезда

**Везе** ○ <http://resources.huygens.knaw.nl/womenwriters/vre/persons/e3a8539e-0a0b-40d9-b27d-4556bd42fedc>

Slika 2, Početak stranice o autorki Jeleni J. Dimitrijević u bazi *Knjiženstvo*. Izvor: <http://knjizenstvo.etf.bg.ac.rs/sr/autorke/jelena-j-dimitrijevic>, link od 03.10.2023.

Baza čija je naslovna strana prikazana na Sl. 1 ima polja AUTORKE, RADOVI, SERIJSKE PUBLIKACIJE, RECEPCIJA. Klikom na njih dolazi se do ovih podataka koji se prikazuju stranicama o autorkama u bazi *Knjiženstvo* (Sl. 2):

### Biografski podaci o autorkama

- važni datumi
- podaci o privatnom i profesionalnom životu autorke
- bibliografski podaci
- linkovi ka drugim sajtovima

### Informacije o radovima

- datumi objavljivanja izdanja i ponovljenih izdanja
- linkovi ka drugim sajtovima i digitalizovanim radovima

### Podaci o recepciji

- kritika u periodici
- prevodi

### Podaci o serijskim publikacijama

- uredništvo
- dinamika izlaženja
- saradnici
- orijentacija časopisa

Opis baze podataka i uputstvo za tehničku upotrebu nalazi se u video fajlovima na srpskom i engleskom jeziku na naslovnoj strani baze – klikom na podnaslov *Uputstvo za korišćenje baze* (na engleskoj strani *Tutorial Knjiženstvo DB*) dolazi se do video uputstva.<sup>3</sup>

## 4 Razvoj baze *Knjiženstvo*

Baza *Knjiženstvo* je konstruisana 2011. godine. Ideja je bila da *Knjiženstvo* postane prvo mesto na kom bi se tražio pouzdani podatak o pojedinoj autorki, a osnova je bila baza evropskih književnica *Women Writers in History*. I danas u gornjem desnom uglu na svakoj stranici baze stoji link kojim se može preći u evropsku bazu (Sl. 1-2). Na osnovu iskustva sa tadašnjom verzijom evropske baze, koleginica sa projekta Jelena Milinković i ja načinile smo opis željene baze. Samu bazu sačinio je tim kolega sa ETF-a: Boško Nikolić, Zaharije Radivojević, Miloš Cvetanović, Miloš Todorović i Mirko Kirović. Vizuelni identitet i logo projekta i časopisa dugujemo Nataši Teofilović. Nacrt baze predstavljen je u aprilu 2011. godine na radionici COST projekta održanoj u Beogradu, a već do kraja te godine baza je bila završena i na internetu, sa podacima o 10 književnica. U izveštaju MPN za 2011. godinu navedeno je da su preispitane sve potrebne kategorije i određene razlike u odnosu na uzornu bazu podataka o evropskoj ženskoj književnosti *Women Writers in History* sa kojom saradujemo u okviru COST akcije IS0901 „Women Writers in History: Toward a New Understanding of European Literary Culture”. Promocija baze održana je u februaru 2012. godine na Filološkom fakultetu.<sup>4</sup>

Baza *Knjiženstvo* sada ima odrednice o 176 autorki i prevoditeljki čime formira novu i drugačiju sliku istorije srpske književnosti. Povezivanje sa bazom podataka o evropskoj istoriji ženske književnosti sa kojom smo saradivali u okviru COST akcije IS0901, nastavljeno je kroz projekte COBWWWEB<sup>5</sup> i formiranje sekcije za žensku književnost u okviru grupe DARIAH. Projekat *Knjiženstvo* i istoimena baza podataka jedna je od evropskih baza koje su osnovale digitalnu platformu *Virtual Research Environment* (VRE) sa sedištem najpre u Institutu Hajhens u Hagu, a potom na Univerzitetu Radbound u Nejmehenu.

Najveća razlika naše u odnosu na evropsku bazu jeste deo koji se odnosi na periodiku. U evropskoj bazi taj deo ne postoji, a i kod nas je nedovoljno iskorišćen, jer njegovo popunjavanje zahteva poseban projekat s obzirom na obim materijala koji je u ženskoj periodici u ovom periodu objavljen. Tokom 2018. godine radili smo na planiranju baze ženske periodike u zemljama koje su bile pod Osmanlijskim carstvom sa partnerima sa Univerziteta na Kritu, ali zbog nedostatka sredstava taj projekat nije realizovan.

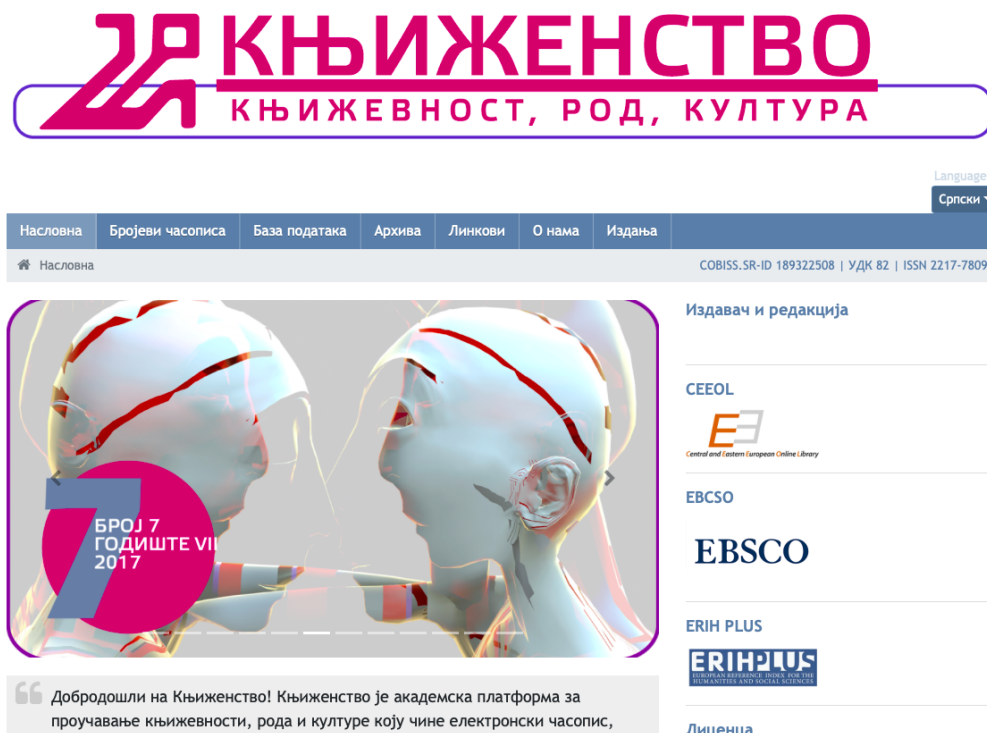
<sup>3</sup> <http://knjizenstvo.etf.bg.ac.rs/sr> link od 04.08.2023.

<sup>4</sup> <http://www.knjizenstvo.rs/sr/vesti/2012/03/prezentacija-digitalne-baze-podataka-i-elektronskog-casopisa-knjizenstvo> link od 04.08.2023.

<sup>5</sup> To je bio jednogodišnji projekat zajedničke baze podataka 5 članica COST akcije IS0901, započeo u junu 2013, među kojima je bila i baza *Knjiženstvo*. <http://www.womenwriters.nl/index.php/COBWWWEB> link od 20.08.2023.

## 5 Budućnost baze *Knjiženstvo*

Projekat Ministarstva zaključen je 2019. godine, ali je rad na oba segmenta nastavljen. Softver baze podataka *Knjiženstvo* i časopisa *Knjiženstvo* ažurirani su 2019. godine (v. Todorčić Milićević 2021). U februaru 2020. projekat *Knjiženstvo* dobio je nagradu „Anđelka Milić“ koju dodeljuje SeFeM (Sekcija za feministička istraživanja i kritičke studije maskuliniteta) „za podršku razvoju stvaranja znanja iz oblasti rodних studija u Srbiji (teorija i istraživanja)“.<sup>6</sup> Ubrzo potom proglašena je pandemija virusa Covid-19, pa su rad na daljinu i izostajanje susreta uživo postali uobičajeni deo nastavničke i istraživačke prakse tokom 2020 godine. Kako se finansiranje istraživača od strane MPNTR nastavilo i u 2020. godini, *Knjiženstvo* je po inerciji funkcionisalo gotovo kao i ranije. Naredna, 2021. godina, pokazala je, međutim, da je oko časopisa i baze ostala jedna manja grupa istraživača, jezgro koje čini sadašnju platformu pod nazivom *Knjiženstvo: književnost, rod, kultura* koja je prikazana na Sl. 3.



Slika 3, Naslovna strana platforme *Knjiženstvo*. Izvor: <http://www.knjiženstvo.rs>, link od 03.10.2023.

Platforma predstavlja nastavak rada na projektu *Knjiženstvo* i treba da omogući očuvanje, održavanje i proširenje postojećih rezultata, baze podataka i časopisa. Osnovni problem u oba segmenta projekta, sada platforme, jeste finansiranje. Za časopis postoji posebno finansiranje od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija koje uglavnom pokriva održavanje časopisa. Časopis ove godine prelazi na OJS platformu, u 2022. je promenjeno uredništvo u skladu sa Pravilnikom o izdavaštvu Filološkog fakulteta i zahtevima komisije SCOPUS-a za koji konkurišemo.

<sup>6</sup> <http://www.knjiženstvo.rs/sr/casopisi/2020/dogadjaji/nagrada-andjelka-milic-dodeljena-knjiženstvu> (link od 20.08.2023).

Jedan od problema prethodne redakcije bila je diskriminacija elektronskih časopisa. *Knjiženstvo*, kao i drugi isključivo digitalni časopisi, nije uopšte razmatrano za prelazak u kategoriju višu od M52, prema nezvaničnoj internoj odluci matičnog odbora, iako uslov da časopis izlazi i u papiru nije u skladu sa Pravilnikom Ministarstva (član 9)<sup>7</sup>. Elektronski časopisi su prema Pravilniku Ministarstva ravnopravni sa štampanim, a pri tome su jeftiniji i dostupniji, njihova distribucija je jednostavnija i zbog toga mogu imati veći uticaj na intelektualnu zajednicu, da ne pominjemo ekološki aspekt. To sve ipak nije do sada bilo dovoljno da se zastarelo mišljenje o časopisu koji nije u papiru promeni. Videćemo kako će nova redakcija izaći na kraj sa ovim ozbiljnim problemom.

Kada je o bazi podataka reč, ne postoji trajna finansijska podrška koja bi obezbedila ažuriranje softvera baze podataka, što će uskoro ponovo biti neophodno. Baza je deo VRE i podaci koji su uneti u evropsku bazu ostaće tamo, ali je od neprocenjive važnosti da se baza očuva i, eventualno, dalje proširuje u okviru platforme u Srbiji. Baza je sada uključena u evropski projekat *Women Writers Route* (Ruta književnica) koji je inicirao Forum slovenskih kultura i koji je od 2022. deo ruta Saveta Evrope.<sup>8</sup> Taj pravac razvoja koristan je i zanimljiv, ali nije dovoljan kao način korišćenja baze. Prava namena baze i njena budućnost počiva u upotrebi u prosvetne i naučne svrhe. Njena dostupnost, način na koji se pretražuje i pre svega, sadržaj – podaci o životu i radu velikog broja autorki koje su dugo marginalizovane, sve to predstavlja materijal koji može da se koristi od osnovne škole do akademskog nivoa i koji je, zahvaljujući digitalnom obliku, lako dostupan. Veoma važan deo projekta i same baze jesu izdanja – zbornici naučnih radova i transkribovani i uređeni rukopisi (do sada, samo rukopisi Jelene J. Dimitrijević), u papiru i uvek online, na sajtu *Knjiženstva* i preko DOI brojeva. To je blago ove kulture koje treba da ima dostojan tretman, jer mnoge od tih književnica i kulturnih poslenica poput Eustahije Arsić, Milice Stojadinović, Jelice Belović Bernadžikovske, Milice Janković treba da uđu u srpski književni kanon, školski i akademski. Nove generacije u Srbiji treba da znaju i ko su Draga Ljočić, Jelisaveta Načić i Maga Magazinović, a do mnogih od njih, iako nisu bile književnice, odvešće baza i časopis *Knjiženstvo*.

## 6 Zaključak

Tokom 13 godina postojanja, prvo projekta a sada platforme *Knjiženstvo*, nastojali smo da razvijemo samu ideju ženske književne istorije u Srbiji, pre svega u digitalnom mediju, i da je i teorijski obrazložimo. Postoji veliki broj tekstova koji se pozivaju na ovaj termin i projekat, ili ih pominju (v. Popović: 2021). Termin *knjiženstvo* koristi se u istraživanjima u značenju ženskog književnog stvaralaštva i ženske književne tradicije (v. Janković:2017). Bilo bi dobro da baza i platforma u celini opstanu dovoljno dugo da termin *knjiženstvo* ponovo označava književnost u celini, kao u vreme kada je i nastao, ali ovoga puta uključujući i književnice koje su dugo čekale i još uvek čekaju da se njihova dela vrata na svetlo dana.

Ovom prilikom želim da zahvalim Zahariju Radivojeviću i svim članovima tima sa ETF-a koji su radili na stvaranju i očuvanju digitalne baze podataka *Knjiženstvo*; Nataši Teofilović na kreiranju vizuelnog identiteta projekta i baze, Ministarstvu koje je projekat podržalo i svim saradnicima na projektu i šire, u Srbiji i u inostranstvu. Posebno zahvaljujem organizatorima PSSOH konferencije

7 "Oblik izdanja časopisa (štampani, elektronski dostupan ili paralelno oba oblika izdanja) ne utiče na odluku o naučnom statusu časopisa." član 3. Pravilnika o kategorizaciji i rangiranju naučnih časopisa: 159/2020-115

8 [https://blogdigitalna.nb.rs/izabrana\\_izlozba.php?id=2](https://blogdigitalna.nb.rs/izabrana_izlozba.php?id=2), <https://www.womenwriters.eu/>, (linkovi od 03.10.2023)

na pozivu i prilici da ispričam priču o bazi podataka *Knjiženstvo* od 2011. do 2023, sa nadom da će ona još dugo postojati, biti korišćena i dopunjavana.

## Literatura

- [1] Barać, S, Kolarić. A. “Prošlo je vreme nečujnosti”, razgovor sa Slobodankom Peković, *Knjiženstvo* 6, 2016. <http://www.knjizenstvo.rs/sr-lat/casopisi/2016/intervju/proslo-je-vreme-necujnosti>. Link od 04.08.2023.
- [2] Dojčinović-Nešić, B., *Ginokritika, rod i proučavanje književnosti koju su pisale žene*. Beograd: 1993. [https://digitalna.nb.rs/view/URN:NB:RS:ND\\_1D3C368D6A6AD813EA826319375E754C](https://digitalna.nb.rs/view/URN:NB:RS:ND_1D3C368D6A6AD813EA826319375E754C). Link od 21.08.2023.
- [3] Dojčinović, B, Koch, M. “In Search of Women Authors”, An Interview with Suzan van Dijk, *Knjiženstvo* 1, 2011. <http://www.knjizenstvo.rs/sr/casopisi/2011/intervju/in-search-of-women-authors>. Link od 04.08.2023.
- [4] Popović, S. *Knjiženstvo kroz prizmu modernosti: Anotirana bibliografija i međunarodna naučna konferencija Digitalna humanistika i slovensko kulturno nasleđe (2019; Beograd)*, Zbornik radova [Elektronski izvor] / I Međunarodna naučna konferencija Digitalna humanistika i slovensko kulturno nasleđe, [Beograd, 6. i 7. maja 2019]; urednik Aleksandra Vraneš – Beograd: Savez slavističkih društava Srbije: Filološki fakultet Univerziteta, 2021 (Beograd: Savez slavističkih društava Srbije) - 1 elektronski optički disk (CD-ROM); str. 111 – 129. [https://doi.org/10.18485/mks\\_dh\\_skn.2021.1.ch10](https://doi.org/10.18485/mks_dh_skn.2021.1.ch10)
- [5] Pravilnik o kategorizaciji i rangiranju naučnih časopisa: 159/2020-115 <http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2020/159/19/reg>. Link od 04.08.2023.
- [6] Todorčić-Milićević, T. Susret digitalnih tehnologija i humanistike – Nova platforma i sajt časopisa *Knjiženstvo*, Međunarodna naučna konferencija Digitalna humanistika i slovensko kulturno nasleđe (2019; Beograd), Zbornik radova [Elektronski izvor] / I Međunarodna naučna konferencija Digitalna humanistika i slovensko kulturno nasleđe, [Beograd, 6. i 7. maja 2019]; urednik Aleksandra Vraneš – Beograd: Savez slavističkih društava Srbije: Filološki fakultet Univerziteta, 2021 (Beograd: Savez slavističkih društava Srbije). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM); str. 95-102. [https://doi.org/10.18485/mks\\_dh\\_skn.2021.1.ch8](https://doi.org/10.18485/mks_dh_skn.2021.1.ch8)
- [7] Jovanović, T. *Knjiženstveni grad: konstituisanje ženskog kanona u srpskoj prozi*, FILUM, Crvena linija 2017.

## **Spisak autora(ki) i predavača / List of Authors and Speakers**

### **B**

Bjelić Miloš, 7

### **D**

Dojčinović Biljana, 38

### **Đ**

Đorđević Tijana, 7

### **F**

Faez Sanli, 6

### **G**

Gerazov Branislav, 32

### **H**

Husak Kristijan, 32

### **K**

Kolarić Nebojša, 7

### **R**

Rašić Miloš, 23

Ratković Marija, 7



---

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

004(082)

НАЦИОНАЛНА конференције са међународним учешћем Примена слободног софтвера и отвореног хардвера (6 ; 2023 ; Београд)  
Zbornik šeste nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem pod nazivom Primena slobodnog softvera i otvorenog hardvera PSSOH 2023, [Beograd] / [urednički odbor, editorial board Nadica Miljković, Miloš Cvetanović, Miloš Bjelić]. - Beograd : Univerzitet, Elektrotehnički fakultet : Akademska Misao = Belgrade : University, School of Electrical Engineering : Academic Mind, 2023 (Beograd : Akademska Misao = Belgrade : Academic Mind). - 46 str. : ilustr. ; 30 cm

Na spor. nasl. str.: Proceedings of the Sixth National Conference with International Participation titled Application of Free Software and Open Hardware PSSOH 2023. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 50. - Bibliografija uz svaki rad. - Registar.

ISBN 978-86-6200-009-5 (AM)

а) Рачунарство -- Зборници

COBISS.SR-ID 145354761

---





Konferenciju podržali



LOTUS  
FLARE

