

Rīgas 64. Vidusskola

Radioviļņu nolasīšana

Zinātniskās pētniecības darbs fizikā un inženierzinātnēs

Darba autors:

Rīgas 64. vidusskolas 12. klases skolnieks

Arts Inarts Kubilis

Darba vadītājs:

Rīgas 64. vidusskolas programmēšanas skolotājs

Edvards Bukovskis

Darba konsultants:

Rīgas 64. vidusskolas programmēšanas skolotājs

Edvards Bukovskis

Rīga 2023

Anotācija

Zinātniski pētniecisko darbu “Radioviļņu nolasīšana” izstrādāja Rīgas 64. Vidusskolas 12. DIT klases skolnieks Arts Inarts Kubilis.

Zinātniski pētnieciskais darbs tika veikts ar mērķi, izpētīt, kā notiek radioviļņu nolasīšana un kādas ir tās sekas, konstruēt iekārtu, kas spējīga nolasīt radioviļņus. Zinātniski pētnieciskajā darbā balstoties uz analizēto un apkopoto informāciju par radioviļņu nolasīšanu, tika izveidots FM radiouztvērējs. Teorētiskajā daļā tika apskatīti radioviļņu nolasīšanas principi, tās pielietojšanas radītās sociālās un ētiskās problēmas, radioviļņu nolasīšanas pielietojums vēsturē un mūsdienās. Praktiskajā daļā tika izveidota radioviļņu nolasīšanas iekārta, kas ir spējīga nolasīt FM radio viļņus. Pētnieciskā darba veikšanas laikā tika secināts, ka radioviļņu nolasīšana ikdienā pārkāpj vairākas ētiskas un sabiedrībā pieņemtas sociālās normas, ka radioviļņu nolasīšana ir mantojusi daudz no tās pirmsākumiem, tā ir sastopama lielā daļā ar komunikāciju nesaistītās nozarēs, ka, izmantojot “Arduino” mikrokontrolerus kā ierīču pamatus, ir iespējams viegli un efektīvi, veidot un pilnveidot ierīces. Ieskats radioviļņos tika radīts, izklāstot radioviļņu fizikālos pamatus, radioviļņu nolasīšanas pamatprincipus un ko izmanto, lai ar tiem veiktu darbības.

Atslēgas vārdi: sakari, radioviļņi, nolasīšana, uztveršana.

Annotation

Scientific research paper “Radio wave interception”, was made by Arts Inarts Kubilis a Riga 64. Secondary School student from the 12. DIT class.

The scientific research paper was made with the goal to research and find out about how radio wave interception works and to make a device, which is able to intercept radio waves. As part of the scientific research paper, an FM radio receiver was made, by using the analyzed and aggregated information about radio wave interception present in the paper. The theoretical part of the research paper includes, the principles of radio wave interception, the resulting social and ethical problems caused by its use, the use of radio wave interception in the modern day and history. The practical part of the research paper includes, the creation of a radio wave interception capable device that can intercept FM radio waves. During the creation of the scientific research paper, it was concluded, that radio wave interception in everyday life breaks multiple ethical and societal boundaries, that radio wave interception has inherited many things from its beginnings, that it is present in many non-communication based industries, that the principals of radio wave interception were outlined by the presentation of radio wave physics, radio wave interception basics and the things used to manipulate with radio waves, that using an “Arduino” microcomputer as the basis of creating a device makes it easy and effective to create and improve on said device.

Key words: communications, radio waves, interception, receiving.

Saturs

Anotācija	2
Ievads	4
1. Ieskats radioviļņu nolasīšanā	5
1.1. Radioviļņu nolasīšana no juridiskā skatupunkta	6
1.2. Radioviļņu nolasīšanas ētiskums	6
2. Radioviļņu nolasīšanas pielietojumi	8
2.1. Radioviļņu nolasīšanas pielietošana vēsturē.....	8
2.2. Radioviļņu nolasīšanas pielietošana mūsdienās	9
3. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveide.....	11
3.1. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveides iespējas	11
3.2. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveides process.....	12
3.3. Izveidotās iekārtas apraksts, darbības principi un funkcijas.....	13
Secinājumi	15
Literatūras un izmantoto avotu saraksts.....	16
Pielikumi.....	19

Ievads

Sakari ir viens no mūsdienu pamatiem. Uz tiem balstās informāciju apmaiņa starp blakus neesošiem punktiem, atļaujot stratēģisku plānošanu, sazināšanos, pārraižu veikšanu valsts un globālos līmeņos. Liela daļa sakaru balstās uz radioviļņiem, to apmaiņu un pastiprināšanu, tomēr radioviļņi, salīdzinot ar citiem sakaru veidiem, ir nedroši, izsekojami un pārtverami. Radioviļņu drošība, lai gan mūsdienās ir ļoti attīstīta kriptogrāfijas un citu nozaru dēļ, vēl aizvien ir samērā vāja. Radioviļņu nolasīšana un to drošības riski ir labi redzami globālos konfliktos.

Pētījuma mērķis: Izpētīt, kā notiek radioviļņu nolasīšana un kādas ir tās sekas; konstruēt iekārtu, kas ir spējīga nolasīt radioviļņus.

Pētījuma uzdevumi:

1. Apkopot pieejamo informāciju par sabiedrības un ētikas problēmām, saistībā ar sakaru nolasīšanu;
2. Apkopot pieejamo informāciju par radioviļņu nolasīšanas pielietošanu vēsturē un mūsdienās;
3. Radīt ieskatu par radioviļņiem un to manipulācijām;
4. Izveidot iekārtu, kas ir spējīga nolasīt radioviļņus.

Pētījumā izmantotās metodes:

1. Literatūras analīze;
2. Iekārtas izstrāde;
3. Koda izstrāde.

1. Ieskats radioviļņu nolasīšanā

Radioviļņu nolasīšana galvenokārt tiek izmantota tās pamatfunkcijas pildīšanai – datu pārtveršanai. Radioviļņus nolasīt ir iespējams jebkuram ar zināšanām un nepieciešamo aprīkojumu, tomēr to galvenokārt pielieto valstis un to drošības nozares, politiskas savienības. Ir ieviesti vairāki veidi, kā ierobežot radioviļņu nolasīšanu.

Radioviļņu nolasīšanā tiek nolasīti radioviļņi, kas iedalās garos, vidējos, īsos un pavisam īsos radioviļņos. Radioviļņus mēra hercos, kas atspoguļo viļņa perioda distanci.¹ Radioviļņu pamatā ir elektromagnētiskie viļņi.² Radioviļņi, atkarībā no to tipa, spēj atlēkt no dažādiem objektiem vai iziet tiem cauri, tikt cauri atmosfērai.¹ Radioviļņu tips ietekmē arī to spēju pārraidīt datus noteiktu tipu limitāciju dēļ, kas saistās ar ārējo ietekmi uz tiem, datu apjomu, ko tie spēj sevī ietvert. Radioviļņi, atrodoties tuvā frekvenču diapazonā, spēj ietekmēt viens otru.¹ Radioviļņi tiek izmantoti radio un televīziju programmu pārraidēs, lielākajā daļā sakaru un bezvadu tehnoloģijās.¹

Radioviļņu nolasīšana galvenokārt balstās uz radioviļņu pārtveršanu ar dažādām iekārtām un metodēm. Radioviļņus to būtībā pārraida ar raidītājiem un uztver ar uztvērējiem, antenas tiek izmantotas, lai pārveidotu raidītāja elektrisko signālu, radioviļņi vai radioviļņi elektriskajā signālā signāla uztvērējam.³ Radioviļņus parasti nolasā ar radio skeneriem, tiem parasti ir noteikta diapazona.⁴ Radio skeneri var būt gan stacionāri, gan pārvietojami, darbojoties uz baterijām. Viegli pieejamie radio skeneri, parasti nav spējīgi nolasīt frekvences mobilo sakaru diapazonā.⁸ Skeneri paši nespēj atkodēt, kodētās ziņas.⁴

Radioviļņu nolasīšanā pārsvarā iesaistās, hobijsisti, un drošības nozares. Hobijsisti parasti nolasā publiski pieejamās radio un TV stacijas, sakarus starp drošības nozaru pārstāvjiem, kā policistiem un medikiem, to iekārtas un metodes nav pretlikumīgas un ir plaši pieejamas.⁴ Drošības nozaru pārstāvji parasti izmanto radioviļņu nolasīšanu, lai uzturētu drošību, pārbaudot sarunas noteiktās vietās, noklausoties noteiktus cilvēkus.^{11 17}

Lai ierobežotu radioviļņu nolasīšanu, tiek izmantotas vairākas šifrēšanas un kodēšanas tehnoloģijas.⁴ Šīs tehnoloģijas atļauj kodēt pa viļņiem sūtīto informāciju vai to un pašu viļni izkropļot.⁴ Viena no ierobežošanas metodēm ir frekvenču inversija, kas frekvencei, pa kuru tiek sūtīta informācija, augstās daļas padara pa zemajām un zemās pa augstajām, bez speciāla aprīkojuma padarot informāciju nesaprotamu.⁵ Radioviļņu nolasīšanas ierobežošanai izmanto arī noteiktus atslēgas vārdus ar mainīgām nozīmēm un digitālās rācības, radio, jo liela daļa skeneru, tās nespēj nolasīt.⁶

Kopumā radioviļņu noklausīšanās pamatā ir radioviļņi un iekārtas, kas darbojas ar tiem. Lai noklausītos radioviļņus, ir nepieciešamas iekārtas, kas spēj tos atrast un pārveidot. Radioviļņus primāri noklausās valsts drošības dienesti un hobijsisti. Radioviļņu noklausīšanās tiek ierobežota, izmantojot metodes saistītas ar radioviļņu vai frekvenču izkropļošanu un kodēšanu. Radioviļņu nolasīšanas apkarošanai izmanto arī juridiskas metodes.

¹ <https://www.britannica.com/science/wave-physics>

² <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation/Radio-waves#ref59181>

³ <https://www.electronicdesign.com/technologies/passives/article/21769333/electronic-design-welcome-to-antennas-101>

⁴ <https://electronics.howstuffworks.com/radio-scanner.htm>

⁵ <https://vocal.com/secure-communication/frequency-scrambler-frequency-inversion/>

⁶ <https://www.wildtalk.com/knowledge-base/scramble-and-encryption/>

1.1. Radioviļņu nolasīšana no juridiskā skatupunkta

Juridiski radioviļņu nolasīšana tiek pieskaitīta pie sakaru nolasīšanas ar iespējamu apakšnodalu un pie ar sakariem saistītām tehnoloģijām. Sakaru nolasīšana, galvenokārt ir pretlikumīga. Likumi saistībā ar radioviļņu nolasīšanu atšķiras atkarībā no valsts un tās uzskatiem, kaut arī to pamati parasti ir līdzīgi. Sodi, kas tiek piespriesti pārkāpjot šos likumus, atšķiras gan sodu smaguma ziņā, gan sodu piespriešanas ziņā, gan sodu izpildes nosacījumu un izņēmumu ziņā. Likumi saistībā ar radioviļņu nolasīšanu parasti tiek, tēmēti uz ierīcēm, ar kurām tos ir iespējams pārtvert, lietām, ko nedrīkst darīt, pārtverot radioviļņus, un frekvencēm, situācijām, kurās drīkst vai nedrīkst pārtvert sakarus atkarībā no konkrētās valsts ieskatiem.

Radioviļņu nolasīšana, kā pārkāpums, likumdošanā tiek raksturota, kā sev neparedzētās informācijas pārtveršana sensitīvas informācijas ieguvei.⁷ Sakaru un to skaitā radioviļņu nolasīšana pārsvarā tiek sodīta gadījumos, kad tiek nolasīti, pārtverti radioviļņi, kas nav daļa no publiskā sakaru tīkla, nolasot maksas informāciju, piemēram, maksas TV pārraides. Nolasot jebkāda veida informāciju, ārpus publiskā tīkla bez atļaujas, izmantojot iekārtas, kas spēj nolasīt radioviļņus mobilo telefonu frekvenču diapazonā, ja tiek ierakstīta nolasītā informācija, kas ir, iegūta no mobilo telefonu sakariem un konkurējošiem uzņēmumiem, spēj dot nolasītājam kādu labumu.^{8 9} Sodāma ir arī iekārtu izmantošana, kas spēj pārveidot digitālas pārraides, analogās un nolasītās informācijas izpaušana un izplatīšana.^{8 8}

Sakaru un to skaitā radioviļņu nolasīšana galvenokārt netiek sodīta, ja nolasa publiski pieejamo informāciju, piemēram, radio stacijas, bezmaksas TV pārraides.⁸ Netiek sodīta arī trauksmes signālu nolasīšana un radioamatieru, CB¹⁰ savstarpējo sakaru nolasīšana.⁸ Netīša mobilo telefonu sakaru nolasīšana netiek sodīta gadījumos, ja sarunai nav bijusi īpaša nozīme, piemēram, tā nav bijusi politiski svarīga, saruna nav tikusi ierakstīta.⁸

Valdībām un autorizētām personām radītie izņēmumi sakaru likumdošanā, atļauj nolasīt un ierakstīt mobilo telefonu sakarus, privātos tīklus un jebkāda cita veida radioviļņus.¹¹ Izmantot iekārtas, kas spēj nolasīt un ierakstīt informāciju, iekārtas, kas spēj manipulēt ar nolasīto informāciju. Izņēmumi ir spēkā tikai ārkārtas gadījumos, drošību apdraudošās situācijās un pēc pieprasījuma.¹² Izņēmumi, nedrīkst tikt izmantoti, lai iegūtu no tiem personīgu labumu, tikai informāciju, kas ir nepieciešama priekš noteiktās situācijas.¹⁴

Kopumā radioviļņu nolasīšana likumdošanā pakļaujas uz sakariem un to manipulācijām saistītiem likumiem. Pārsvarā gadījumu radioviļņu nolasīšana ir pretlikumīga un sodāma, sodīts var tikt arī, izmantojot nepiemērotu vai aizliegtu tehniku, veicot radioviļņu nolasīšanu. Radio viļņu nolasīšanā mēdz būt arī izņēmumi, kas attiecas uz personām, kas ir autorizētas to veikt likumiski ar nosacījumu, ka autorizētās personas seko tām paredzētajām procedūrām, tomēr radioviļņu nolasīšana, pat ar atļauju, veicina dažādu ētisku problēmu rašanos.

1.2. Radioviļņu nolasīšanas ētiskums

Radioviļņu drošības riski, tehnoloģiju attīstība noteiktajā sfērā un tā sauktās drošības uzturēšana, pavērš skatu uz vairākām ētiskām problēmām, pret kurām īsti nav efektīvu risinājumu vai kuras ir izdevīgi izmantot pret mūsdienu cilvēkiem kāda savtīga plāna vai citu nolūku, ne vienmēr sliktu, vārdā. Radioviļņu nolasīšana šādās ētiski problemātiskās situācijās

⁷ <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/interference-enforcement/radio-interception>

⁸ <https://corporate.findlaw.com/litigation-disputes/interception-and-divulgence-of-radio-communications.html>

⁹ <https://www.fcc.gov/consumers/guides/interception-and-divulgence-radio-communications>

¹⁰ "Citizen Band Radio", firma.

¹¹ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/496064/5365_9_CoP_Communications_Accessible.pdf

¹² <https://www.mi5.gov.uk/interception-of-communications>

pārsvarā ir redzama valdību sakaru novērošanā ar mērķi uzturēt drošību, augsta mēroga cilvēku mēģinājumos gūt priekšrocības vai panākt kādu savtīgu mērķi.¹³

Valstis, piemēram, ASV un to drošības nozares izmanto radioviļņu nolasīšanu, lai noklausītos gan savu iedzīvotāju, gan ārvalstu sakarus drošības vārdā.¹⁴ Šāda tipa noklausīšanos var uztvert par ne tikai indivīda privātuma pārkāpumu, bet arī par citu nāciju un to pilsoņu privātuma pārkāpumiem, tomēr sliktākais ir tas, ka šāda veida drošības uzturēšana ir aizsegs, kas tiek izmantots, lai atļautu valstīm izsekot tās pilsoņu darbībām situācijās, kad valstu valdības jūtas apdraudētas.¹⁵ Valstis, kā atrunu šāda veida sakaru novērošanas ieviešanai, izmanto terorismu un lielākajai sabiedrības daļai nevēlamas sacelšanās, tomēr tās nevienu neinformē par to, ka katru uzskata par vainīgo un neizticas nevienam tās pilsonim vai iemītniekam.¹⁶ Šo neuzticību parāda arī valstu centieni ieviest sodus cilvēkiem un biznesiem, kas valstij nevēlas dot sakaru atšifrējumus.¹⁷ Valstīm cenšoties tālāk attīstīt šāda veida sakaru drošību, bieži vien ir tendence iet tālāk par to pilnvarām ar apšaubāmām metodēm, kas sevī ietver sadarbību ar nevalstiskām personām un uzņēmumiem, kas paklusām ir spējīgas apiet likumus, ko nespēj valsts.¹⁸ Situācijās, kad šāda tipa darbību atklātu, valsts būtu spējīga visu vainu novelt uz tās bijušajiem sabiedrotajiem. Apšaubāmās metodes sevī ietver arī sistēmu izveidi, kas darbojas slepeni ārpus jebkādiem likumiem, piemērs šāda tipa sistēmai ir "ECHELON" sakaru pārtveres sistēma.^{14 16}

Radioviļņu nolasīšanai ir ļoti liela iespēja ietekmēt politisko sfēru. Viens no veidiem, kā tiek ietekmēta politiskā sfēra, ir konflikta situācijās, to izmantojot sankciju vai kāda cita plāna uzturēšanā, neņemot vērā nevainīgo partiju privātumu un tiesības.^{13 17} Aiz konfliktu situāciju aizsega konfliktā neiesaistītais valsts pārstāvji ir spējīgi nolasīt citas valsts pārstāvju sakarus bez liekiem aizspriedumiem, tādā veidā veicinot konflikta eskalāciju no ārpuses.¹⁸ Politisku sakaru un radioviļņu nolasīšana tiek izmantota, lai apklusinātu žurnālistus un citas personas, kas stājas pretī noteiktu grupu uzskatiem vai bojā to izskatu.^{13 19}

Ņemot vērā valstu apšaubāmās darbības, kā iekārtu ražošanas, kas darbojas ārpus likuma, priekš masveida radioviļņu un citu sakaru nolasīšanas, grupu, kas arī darbojas ārpus likuma vai tajā, noalgošanas, situācijas, kurās valstis pārkāpj cilvēku tiesības, politisko apspiešanu, ko rada sakaru nolasīšanas izmantošana, lai nomelnotu noteiktu grupu pārstāvjus, vēlmes saasināt konfliktus savam labumam, varam secināt, ka radioviļņu nolasīšanas pielietošana mūsu ikdienā vairāk tiecas uz neētisko pusi nekā ētisko cilvēku tiesību, privātuma un pilnvaru pārkāpumu dēļ, tomēr, tāpat būtu jāņem vērā, ka radioviļņu nolasīšanas pielietojums ir ļoti plašs un dažāds.

¹³ <https://www.tni.org/es/node/8265>

¹⁴ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-5-2001-0264_EN.html#_section1

¹⁵ <https://www.jstor.org/stable/24122041>

¹⁶ https://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS_STUDY_538877_AffaireEchelon-EN.pdf

¹⁷ <https://www.gov.uk/government/publications/interception-and-monitoring-prohibitions-in-sanctions-technical-guidance/interception-and-monitoring-prohibitions-in-sanctions-made-under-the-sanctions-and-anti-money-laundering-act-2018-technical-guidance>

¹⁸ <https://www.washingtonpost.com/world/2022/04/07/bucha-german-intelligence-radio-bnd-russia/>

¹⁹ <https://afriforum.co.za/en/afriforum-takes-action-against-unlawful-interception-of-communication/>

2. Radioviļņu nolasīšanas pielietojumi

Radioviļņu nolasīšanu galvenokārt pielieto, lai iegūtu informāciju komerciāliem, privātiem vai valstiskiem, pārsvarā ar drošību saistītiem, iemesliem. Iegūto informāciju izfiltrējot, tālāk katra nozare to izmanto savām vajadzībām un mērķiem, iekārtām un sistēmām. Radioviļņu nolasīšanas pielietojumi mūsdienās atšķiras un ir tikuši pilnveidoti no vēsturiskajiem pielietojumiem.

Radioviļņu nolasīšana komerciālajos un privātajos sektoros primāri tiek nodrošināta telekompānijām un citām ar informācijas nozarēm saistītām kompānijām, lai tās varētu pakļauties noteiktām likumdošanām un turpināt savu darbību.²⁰ Šāda tipa radioviļņu nolasīšanu neveic pašas ar sakariem saistītās kompānijas, bet gan kāda cita no malas piesaistīta kompānija, kas specializējas sakaru nolasīšanā un IT jomās.²⁰

Privātu iemeslu dēļ radioviļņu nolasīšanu mēdz pielietot, lai noklausītos policistu, ātrās palīdzības un citu civilās drošības dispečeru sarunas, nolasītu publiski pieejamos radio un TV staciju viļņus, palīdzētu civilās drošības darbiniekiem notvert likumpārkāpējus.⁴ Pārkāpjot likumu, radioviļņu nolasīšanu mēdz izmantot, lai iegūtu sensitīvu un klasificētu informāciju, ko pārdot tālāk, vai izmantot šantāžai.¹⁹

Valstiskiem nolūkiem radioviļņu nolasīšanu izmanto, lai uzturētu kārtību, novērstu noziegumus, pirms tie tiek paveikti. Šādiem nolūkiem izmanto vairākas metodes, kā sakaru nolasīšanas sistēmas, kas tiek izmantotas telekomunikāciju pārtveršanai, valstu informācijas drošības komandu izveide, komerciālo kompāniju nolīgšana un finansēšana.^{12 15 16}

Radioviļņu nolasīšana kopš tās izveides ir plaši izmantota militārajās jomās. Primāri, lai iegūtu informāciju par karavīru un tehnikas sastāvu, atrašanās vietām, ekipējumu, ekipāžām, pavēlēm, lai iegūtu pretējo pušu plānus, atrastu to loģistikas ceļus. Nolasot pretējā pusē karojošo sakarus, ir iespējams arī saprast to morāles augstumu un dzīves apstākļus, gatavību.²¹ Radioviļņu nolasīšanai arī ir bijusi liela ietekme sakaru procedūru izveidē un attīstībā, atļaujot pieredzes ceļā izveidot vadlīnijas, kas sekmē pēc iespējas drošākus un nenolasāmākus komunikācijas apstākļus, tās ievērojot.²²

Kopumā, radioviļņu nolasīšanu izmanto komerciālajos, privātajos un valstiskajos sektoros, dažkārt arī personīgiem iemesliem. Šajos sektoros radioviļņu nolasīšana ir nepieciešama, lai nodrošinātu drošību, pakļautos likumdošanām, iegūtu gan publiski pieejamu, gan sensitīvu un konfidenciālu informāciju. Kārtības uzturēšanā, radioviļņu nolasīšanu izmanto sakaru nolasīšanas sistēmās, valstiskās un nevalstiskās organizācijās. Radioviļņu nolasīšanas pakalpojumus noteiktās nozarēs ir iespējams legāli iegādāties no trešajām partijām. Radioviļņu nolasīšana militārajā jomā ir kalpojusi gan kā ierocis pret pretinieku, gan kā iespēja no tā izsargāties. Radioviļņu pielietojumu aizsākumi, to primitīvums un izveidotie riski ir redzami vēsturē.

2.1. Radioviļņu nolasīšanas pielietošana vēsturē

Radioviļņu nolasīšana vēsturē primāri tika izmantota un attīstīta militāriem nolūkiem ievērojamākajos konfliktos, kā Pirmajā pasaules karā, Otrajā pasaules karā un Aukstajā karā,

²⁰https://group2000.com/lima-lawful-intercept/?gclid=Cj0KCQjwwfiaBhC7ARIsAGvcPe6gpS3rn1VBkCvIMVVL3N9xmlglOxFLMam7Rq4MBgn4Kk4ERMw0bJUaAgnfEALw_wcB

²¹<https://www.npr.org/2022/04/26/1094656395/how-does-ukraine-keep-intercepting-russian-military-communications>

²²https://www.nsa.gov/Portals/75/documents/news-features/declassified-documents/friedman-documents/publications/FOLDER_220/41760209079934.pdf

informācijas ieguves stratēģiskā svarīguma un citu iemeslu dēļ. Radioviļņu nolasīšana tika izmantota arī kā veids, kā apkarot noziedzību, novērst konfliktus un sacelšanās gadījumus.

Radioviļņu nolasīšanas pielietojums Pirmajā pasaules karā sevī ietvēra pretinieku radiostaciju, lidaparātu un telefonu komunikāciju nolasīšanu frontē.²³ Ar sakaru nolasīšanas palīdzību, bija iespējams noteikt pretinieka radiostaciju lokācijas, grupēšanas veidus un hierarhiju, to aktivitāti, aptuveni pretinieku pielietoto tehniku, lidaparātu lokācijas, pretinieku laikapstākļu prognozes un gatavošanos uzbrukumiem, bombardējumiem.^{23 24} Pirmajā pasaules karā sakaru nolasīšanai primāri izmantoja noklausīšanās stacijas, kuras nevarēja atrasties tālāk par 1 km no zonas starp tranšējām.²³ Izmantotas tika arī gaisa noklausīšanās stacijas, lai noklausītos lidaparātus un, karam turpinoties, arī mobilas noklausīšanas stacijas, mašīnās vai traktoros.²³ Radioviļņu nolasīšanas primitīvisma dēļ Pirmajā pasaules karā, informācijas apgrozījuma un apstrādes laiks ilga aptuveni 3 stundas un nespēja vienmēr sekmēt brīdinošās informācijas pienākšanu laikā.²³

Otrajā pasaules karā radioviļņu nolasīšana, bija ievērojami attīstījusies, Pirmā pasaules kara kontekstā.²³ Otrā pasaules kara palielinātās mobilitātes dēļ un karam vairs īsti nenotiekot tranšējās, tika likts lielāks uzsvars uz starp vienību komunikāciju un radītas pārvietojamas radio saziņas ierīces, lielu distanču saziņas ierīces šīs mobilitātes sekmēšanai.²⁵ Ieguvumi un pielietojumi principā bija tādi paši kā Pirmajā pasaules karā, tikai iegūtā informācija bija daudz plašāka un precīzāka, jo radio saziņas tehnoloģijas tika pielietotas gandrīz visur, kur bija iespējams.²⁵

Aukstajā karā radioviļņu nolasīšanai bija ļoti liela nozīme, jo karš, bija balstīts uz abu karojošo pušu, savstarpēju informācijas nolasīšanas un ieguves sāncensību, karš principā notika pa radioviļņiem.²⁶ Šajā laika periodā abas puses centās iegūt jebkādu militāru informāciju par savu pretinieku un neļaut pretiniekam darīt to pašu.²⁶ Aukstajā karā radioviļņu nolasīšana tika ļoti attīstīta, jo tā deva iespēju iegūt priekšroku militārās tehnikas attīstībā.²⁶

Daudz primitīvākā veidā nekā mūsdienās radioviļņu nolasīšana tika izmantota arī noziedzības un citu valdībām neizdevīgu konfliktu un darbību apkarošanai.²⁷ Tikai atšķirībā no mūsdienām tajā laikā bija daudz mazāk ierobežojumu un aizliegumu valdībām.²⁷ Primāri novecojušu likumu un vēl nepieņemta cilvēktiesību likuma dēļ.²⁷ Šāda veida radioviļņu nolasīšana tika cītīgi apslēpta, līdz tas vairs nebija iespējams.²⁷

Kopumā radioviļņus Pirmajā pasaules karā, Otrajā pasaules karā un Aukstajā karā izmantoja, lai iegūtu stratēģiski svarīgu informāciju par pretinieku un tā plāniem, uzbrukumiem, tehniku un tās atrašanās vietām. Iegūtās informācijas precizitāte un plašums atšķīrās no radioviļņu nolasīšanas attīstības līmeņa noteiktajā laika periodā. Vēsturē sakaru nolasīšana tika izmantota arī līdzīgiem nolūkiem kā mūsdienās tikai daudz primitīvākā līmenī.

2.2. Radioviļņu nolasīšanas pielietošana mūsdienās

Radioviļņu nolasīšanu mūsdienās pielieto, lai uzturētu drošību, novērstu konfliktus, traģēdijas pirms to rašanās, militāros konfliktos un militārajā sfērā, lai iegūtu informāciju par kaimiņvalstīm un saviem pilsoņiem. Radioviļņu nolasīšana mūsdienās ir ļoti attīstīta, it īpaši salīdzinot ar tās pirmsākumiem un vairākām stadijām vēsturē, tomēr tās efektivitāti izbalansē

²³ <https://armyhistory.org/chut-jecoute-the-u-s-armys-use-of-radio-intelligence-in-world-war-i-2/>

²⁴ https://www.nsa.gov/portals/75/documents/news-features/declassified-documents/cryptologic-spectrum/beginnings_radio_intercept.pdf

²⁵ <https://www.britannica.com/technology/military-communication/World-War-II-and-after>

²⁶ <https://www.ciphermachinesandcryptology.com/en/coldwarsignals.htm>

²⁷ <https://blogs.lse.ac.uk/medialse/2016/02/15/a-very-brief-history-of-interception/>

pret radioviļņu nolasīšanu veidotās drošības sistēmas un signālu kodēšanas izplatība, popularitāte un efektivitāte.

Informācijas ieguvei par saviem pilsoņiem, radioviļņu nolasīšanu primāri izmanto, lai nolasītu to sakarus. Sakaru nolasīšanu var veikt pati valsts, kāda tās nolīgta organizācija vai cita organizācija, kurai tiek paprasīta šī informācija, piemēram, telekompānijas.^{15 20 28} Informāciju par pilsoņiem iegūst 2 veidos - individuāli un grupās.²⁸ Individuālā sakaru nolasīšana ir daudz efektīvāka, jo atšķirībā no masveida sakaru nolasīšanas, kura tiek balstīta uz atslēgas vārdiem, tā spēj iedziļināties konkrētu cilvēku sakaros tiešā veidā, nolasot un ierakstot visas to sarunas.²⁸ Šāda tipa informācija, tiek ievākta, lai kontrolētu kopējo situāciju valstī, novērstu sacelšanos, terorismu un citu valstīm nevēlamu notikumu notikšanu it īpaši valstīs ar mazāku pilsoņu brīvību, piemēram, Ķīnā, Ēģiptē un Ziemeļkorejā.^{13 28 29}

Drošības uzturēšanai un konfliktu novēršanai, primāri tiek pielietoti masveida sakaru, radioviļņu nolasīšanas iekārtas, kas nolasa savu pilsoņu vai, konfliktu gadījumos, blakus valstu sakarus.^{14 18}

Militārā joma radioviļņu nolasīšanas attīstību un tās apkarošanu ir veicinājusi visvairāk.^{23 25} Militārajā jomā radioviļņu nolasīšanu neizmanto tikai kara darbībā vai mācībās informācijas ieguvei un analīzei, bet arī masveida sakaru nolasīšanas sistēmās, kuras izmanto valstij iekšēju komunikāciju nolasīšanai.¹³ Krievijas—Ukrainas karā ir redzama mūsdienu sakaru nolasīšanas efektivitāte un ietekme, atļaujot Ukrainai nolasīt Krievijas karavīru sakarus savā iekšējā, mobilajā tīklā un krievu pielietotās rāčijas to slikto vai neeksistējošo kodējumu un labu rāčiju trūkuma dēļ, dodot Ukrainai milzīgu komunikāciju sistēmu kontroli un informācijas daudzumu karā.^{21 30 31} Informācijas pieplūdums, ko Ukraina iegūst no Krievijas, karavīriem ir sekmējis to spēju stāties pretī lielvalstij un aizkavēt tās konvojus, uzzināt tās karavīru, un loģistikas punktu, kara kuģu un citu svarīgu militāru un taktisku objektu atrašanās vietas.^{30 31}

Kopumā mūsdienās radioviļņu nolasīšanu izmanto valstis drošības uzturēšanai, ideoloģiju noturēšanā un konfliktu novēršanai, militārās situācijās un karos. Mūsdienās iegūstamais informācijas daudzums, nolasot radioviļņus, ir milzīgs, salīdzinot ar neseno vēsturi, masveida sakaru nolasīšanas sistēmu un tehnoloģiju attīstības rezultātā.²⁸ Neizmantojot pret radioviļņu nolasīšanu radītās drošības sistēmas un nekodējot izmantotās frekvences, ar mūsdienu radioviļņu nolasīšanu ir iespējams efektīvi un ātri iegūt informāciju un to padot tālāk. Mūsdienu radioviļņu nolasīšana ir īpaši stratēģiski svarīga militārajos konfliktos. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas ir ļoti svarīgas mūsdienu radioviļņu nolasīšanai.

²⁸https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session23/A.HRC.23.40_EN.pdf

²⁹ <https://www.businessinsider.com/countries-that-arent-free-report-2019-5#north-korea-31>

³⁰ <https://www.washingtonpost.com/national-security/2022/03/27/russian-military-unsecured-communications/>

³¹ <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russian-comms-ukraine-world-hertz>

3. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveide

Radioviļņu nolasīšanas iekārtas ir iespējams izveidot, pielietojot dažādus radioviļņu nolasīšanas, programmatūras un aparatūras pamatprincipus. Izmantojot pamatprincipiem nepieciešamās komponentes, sastādot izveidotās iekārtas aprakstu un tās pielietojuma skaidrojumu.

Radioviļņu nolasīšanas iekārtas pārsvarā iedala skeneros un uztvērējos, abi iekārtu tipi uztver radioviļņus, bet tos nepārraida. Skeneriem parasti ir vairāk režīmu nekā uztvērējiem, bet uztvērējiem ir plašāki frekvenču diapazoni un vairāk frekvenču izpētes, uzraudzības opcijas.³²

Radioviļņu nolasīšanas iekārtu pamatprincipi pārsvarā iedalās programmatūras radio, jeb SDR (Software Defined Radio) un primāri aparatūru pielietojošajos radio. Abi pamatprincipi ietilps radiosakaru sistēmā un tiem ir nepieciešami uztvērēji.³³ Galvenā atšķirība starp programmatūras radio un standarta radio ir tas, ka programmatūras radio nav nepieciešamas analoga komponentes, kas piemīt standarta radio, tās tiek aizstātas un definētas programmatūrā.³⁴

Iekārtas aprakstā, un specifikācijā iekļauj, iekārtas strāvas ievades un izvades parametrus un ierobežojumus, statusa parametrus, kontrolēšanas opcijas, noteiktas operēšanas kondīcijas, lietas uz ko ir balstītas iekārtas, to būtību un ierobežojumus, pielietojumu.³⁵ Specifikācijas un apraksti ir nepieciešami, lai iepazīstinātu iekārtas lietotājus ar tās spējām un limitējošajiem faktoriem, sekmētu iekārtas ilgtspējību un paredzēto darbošanos. Iekārtas pielietojuma skaidrojums, jeb instrukcija ir nepieciešama, lai tās lietotājs spētu pareizi ar to apieties, pēc nepieciešamības varētu tās iekšējajos un ārējajos parametros veiksmīgi veikt izmaiņas.

Kopumā radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveidei ir vairākas iespējas, kas sevī ietver iekārtas tipa izvēli, iekārtas pamatprincipu izvēli, komponentu izvēli atbilstoši iekārtas tipam un pamatprincipiem, nepieciešamajām vajadzībām to skaitā frekvenču diapazoniem un uztveršanas iespējām. Lai sekmētu iekārtas pareizu darbību un ilgtspējību, izaugsmi, ir nepieciešama iekārtas specifikācija, apraksts un instrukcija.

3.1. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveides iespējas

Lai izveidotu radioviļņu nolasīšanas iekārtu, ZPD autors izvēlējās 3 metodes, kuras reālistiski varētu veikt, un analizēs, tām nepieciešamās lietas, to plusus un mīnus. Metodes radioviļņu iekārtas izveidei ir, pirmkārt, skenera vai uztvērēja izveide ar programmatūras radio palīdzību, otrkārt, skenera vai uztvērēja izveide ar “Arduino” mikrodatoru, kā tā bāzi, treškārt, skenera vai uztvērēja izveide tikai no komponentēm.

Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveide izmantojot programmatūras radio, sevī ietvertu vismazāko līdzekļu patēriņu, jo tā darbībai ir nepieciešams tikai dators, radio raiduztvērējs vai uztvērējs, speciāla programmatūra.³⁴ Viens no lielākajiem programmatūras radio izmantošanas plusiem iekārtas izveidei ir izmaiņu veikšanas vieglums iekārtās uz tās bāzes.³⁴ Stacionāru iekārtu uz programmatūras radio bāzes uztaisīt būtu ļoti viegli un elementāri, jo dators kopā ar programmatūru veic lielāko daļu ar radioviļņu uztveršanu saistīto darbību, būtu tikai pareizi jāpaslēdz raiduztvērējs vai uztvērējs un jākonfigurē programmatūra.³⁴ Taisot pārvietojamu iekārtu, izmantojot programmatūras radio, problēmas radītu datora pārvietojamība, tās

³² <https://www.scannerschool.com/scanners-vs-receivers/>

³³ <https://www.wimo.com/en/sdr>

³⁴ <https://www.rfpage.com/what-are-the-components-of-software-defined-radio-and-its-applications/>

³⁵ <https://monday.com/blog/rnd/technical-specification/>

risinājumam varētu izmantot portatīvo datoru, vai “Raspberry Pi” datoru. “Raspberry Pi” datora izmantošana, sarežģītu iekārtas izveides procesu un tajā ieviestu papildus izdevumus.

Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveide izmantojot “Arduino” mikrodatoru, sevī iekļautu samērā lielu izdevumu patēriņu, jo būtu jāiegādājas, pati “Arduino” mikrodatora plate, vadi, rezistori, potenciometrs, radio uztvērēja modulis, antena, skaļrunis vai austiņas, signāla pastiprinātājs, vismaz viena poga, bateriju turētājs, LCD displejs un vēlams arī tā I2C modulis.³⁶ Iekārtas izveide būtu samērā komplicēta, jo tās izveidei būtu nepieciešams pareizi savienot visas tai nepieciešamās komponentes, ja nepieciešams, tām veikt modifikācijas, uzrakstīt un mikrodatorā ievadīt kodu, kas atļaus iekārtai darboties paredzētajā veidā. Veidojot iekārtu ar “Arduino” mikrodatoru kā bāzi, būtu jāņem vērā tā limitācijas, kā ievades un izvades punktu skaits, limitētais izvadāmās elektrības daudzums.³⁷ Būtu limitācijām atbilstoši jāizvēlas komponentes iekārtas izveidei.

Skenera vai uztvērēja izveide tikai ar komponentēm, sevī iekļautu ļoti lielus izdevumus un būtu ļoti sarežģīta pareizi saslēdzamo un nepieciešamo komponentu daudzuma, lodēšanai vajadzīgo materiālu un lodēšanas dēļ.^{38 39} Būtu nepieciešama ekstensīva traucējummeklēšana un novēršana, kā arī būtu nepieciešama plates izveide. Iekārtas izveidi sarežģītu arī veicamie fizikālie un matemātiskie aprēķini.

Kopumā apsverot programmatūras radio izdevumu līdzību ar “Arduino” mikrodatora izmantošanas izdevumiem un ņemot vērā ZPD autora jau pieejamos resursus, minimālo nepieciešamību pēc jaunu komponentu iegādes un iepriekšējās zināšanas par “Arduino” mikrodatoriem un to programmēšanas valodu “Arduino IDE”, ZPD autors izvēlējās veidot radioviļņu nolasīšanas iekārtu uz tā bāzes. ZPD autors skenera izveidi tikai no komponentēm neizvēlējās, jo viņam būtu iekārtas izveidē jāiegulda liels resursu daudzums, viņš jau māk apieties ar “Arduino” saistīto platformu. Pēc radioviļņu nolasīšanas izveides metodes izvēlēšanās, metode, tiek iesaistīta iekārtas izveides procesā.

3.2. Radioviļņu nolasīšanas iekārtas izveides process

Iekārtas izveides procesā tika izvēlēts iekārtas veids, ņemot vērā iepriekš izvēlēto metodi, iegādātas trūkstošās komponentes iekārtas izveidei, ar komponentēm saistīto bibliotēku izpēti, eksperimentēšana ar komponentēm un to bibliotēkām, lai saprastu, kā tās strādā, komponentu saslēgšana un tālāka rediģēšana līdz gala produktam, faktisko limitāciju izpēti. Koda rakstīšanai konfigurēts un izvēlēts koda redaktors, uzrakstīts kods pārskatāmā veidā, pārbaudīts kods un novērstas tajā atrastās problēmas, optimizētas vietas kodā, salikti komentāri kodā.

Kā iekārtas veids tika izvēlēts radio uztvērējs. Pēc uztvērēja shēmas apdomāšanas ZPD autors secināja, ka viņam trūkst 4 komponentes - FM radio uztvērēja modulis un skaņas pastiprinātājs, audio vads un skaļrunis. To noskaidrojot, ZPD autors atrada abas trūkstošās komponentes un tās pasūtīja no interneta veikaliem, tika izvēlēts “TEA5767” FM radio uztvērēja modulis, kuram komplektā nāca antena (*skatīt 1. pielikumā*) un “LM368” skaņas pastiprinātāja modulis (*skatīt 1. pielikumā*). Skaļruni un audio vadu ZPD autoram neizdevās iegādāties. Pārējās komponentes – “Arduino Uno” mikrodators (*skatīt 1. pielikumā*), “B100K” potenciometrs (*skatīt 1. pielikumā*), spiedpoga (*skatīt 1. pielikumā*), 10000 omu rezistors (*skatīt 1. pielikumā*), LCD displejs (*skatīt 1. pielikumā*), “PCF8574T” displeja I2C modulis (*skatīt 1. pielikumā*), 2 veidu maketēšanas plates, mazā (*skatīt 1. pielikumā*) un lielā (*skatīt 1. pielikumā*),

³⁶ https://www.youtube.com/watch?v=n1hPj2wfsnA&ab_channel=KevinDarrah

³⁷ <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>

³⁸ https://www.youtube.com/watch?v=K_KGpeN28-U&ab_channel=inventorKR

³⁹ https://www.youtube.com/watch?v=h_F3J4vyzNk&ab_channel=GreatScott%21

bateriju turētājs (*skatīt 1. pielikuma*) un vadi (*skatīt 1. pielikuma*) – ZPD autoram jau bija pieejamas.

Pirms uztvērēja veidošanas sākšanas, ZPD autors individuāli eksperimentēja ar LCD displeju un tā moduli, FM radio uztvērēju, spiedpogu. Eksperimentācijas laikā ZPD autors atrada LCD displejam apvienojumā ar tā moduli un FM radio uztvērējam bibliotēkas, kas atvieglotu uztvērēja kodēšanu, “TEA5767” FM radio uztvērēja moduļa dokumentāciju.

Uztvērēju veidošanu ZPD autors sāka ar “Arduino Uno” mikrodatora pieslēgšanu pie datora un “Visual Studio Code” (*skatīt 2. pielikuma*) kodēšanas redaktora konfigurāciju ar “PlatformIO” (*skatīt 2. pielikuma*) paplašinājumu, lai varētu tajā kodēt un augšupielādēt “Arduino” kodu. Pēc kodēšanas redaktora konfigurācijas ZPD autors sāka savienot komponentes un mēģināja izveidot savu audio vadu no austiņām, bet saprata ka tas nebūs iespējams to vados esošo diegu dēļ. To apjēdzot, ZPD autors pieņēma lēmumu neievieš radio uztvērējā skaņas skaļuma kontroli un nelietot skaņas pastiprinātāju ar skaļruni, bet to vietā izmantot austiņas. Pēc komponentu savienošanas ZPD autors sāka kodēt kodu priekš “Arduino Uno” mikrodatora, kas kontrolēs un sekmēs uztvērēja darbību.

ZPD autors, kodā no sākuma iekļāva visu komponentu, kurām tas bija nepieciešams, inicializēšana to bibliotēkās un rakstīja kodu viegli pārlasāmā formātā. ZPD autors, savas idejas ieviesa kodā pakāpeniski un spontāni, reizēm radot vajadzību pārrakstīt koda daļas, drastiski izmainīt ierīces funkcionalitāti. ZPD autors kodā rakstot ierīces izpildāmas funkcijas, balstījās uz bibliotēku iespējām un uztvērēju pamata funkcijām. Lai attēlotu aizpildījuma simbolu LCD displejā, kā referenci ZPD autors izmantoja LCD displeja I2C moduļa bibliotēkā iekļauto simbolu tabulu (*skatīt 2. pielikuma*). Rakstot kodu, ZPD autors regulāri veica tā izpildāmo funkciju pārbaudes un ekstensīvu testēšanu. Pabeidzot rakstīt uztvērēja kodu, ZPD autors tajā ievietoja komentārus, lai to būtu vieglāk pārlasīt un saprast, atļautu tā lietotājiem izmainīt noteiktus tā parametrus. ZPD autors, kodā veica vairākas optimizācijas, lai mazinātu signālu traucējumus (*skatīt 3. pielikuma*).

Pēc ierīces izveides procesa noslēgšanās ZPD autors izveidoja ierīces saslēgšanas shēmu (*skatīt 2. pielikuma*). Izmantojot izveidoto shēmu ZPD autors, ierīci atkārtoti salika un izjauca, lai pārbaudītu shēmas efektivitāti un precizitāti. Pēc ierīces atkārtotas salikšanas ZPD autors attēloja ierīces darbību, uzņemot attēlus.

Kopumā ierīces izveides process ZPD autoram ilga aptuveni 20 stundas, no kurām lielākā daļa tika pavadīta eksperimentējot ar komponentēm un kodējot ierīci. Ierīces izveides procesā ZPD autors bija spējīgs novērst visas ierīces izveides laikā sastaptās problēmas, izveidot viegli izmantojamu, pārvietojamu un daudzfunkcionālu radio uztvērēju. Pēc iekārtas izveides ir nepieciešams veikt tās aprakstu, attēlot tās darbības principus un tajā iekļautās funkcijas.

3.3. Izveidotās iekārtas apraksts, darbības principi un funkcijas

Izveidotās iekārtas apraksts iekļauj informāciju par tās limitācijām, sastāvu, vizuālo izskatu, tās mērķi, kontrolēm un stāvokļiem, vispārīgu informāciju par ierīces kodu. Darbības principi iekļauj informāciju par to, kā darbojas ierīce un kas nodrošina tās darbību, pieminot komponentes, atsaucoties uz kodu. Funkcijas apraksta visas lietas, ko ir iespējams izdarīt ar ierīci un paskaidro tās, informē par ierīces konfigurācijas iespējām un apraksta funkciju kodu.

Ierīces mērķis ir uztvert FM radio signālus. Ierīce savā būtībā ir uztvērējs, kas ir veidots uz “Arduino Uno” mikrodatora bāzes, tam pievienojot klāt vēl citas komponentes. Ierīce sastāv no 3-4 ar vadiem savienotām daļām, atkarībā no tā vai ierīcei ir bateriju turētājs, vai tā ir pieslēgta pie cita strāvas avota (*skatīt 1. pielikuma*), pirmā tās daļa ir “Arduino Uno” mikrodators, otrā daļa ir maketēšanas plate, ar visām komponentēm, izņemot LCD displeju un

tā I2C moduli, jo tie sastāda ierīces trešo daļu (*skatīt 1. pielikuma*). Ierīces ceturrtā daļa ir bateriju turētājs (*skatīt 1. pielikuma*). Ierīcei ir nepieciešams 5V liels spriegums, un tās uztveramās frekvences ir no 87.5 MHz līdz 108.0 MHz, ierīce mēra signālu stiprumu no 0 līdz 15. Ierīcei ir 2 režīmi - manuālais frekvences izvēles režīms un automātiskais signālu noteikšanas režīms. Ierīces kontrolēšanai ir paredzēta sarkanā poga, kas atrodas uz "Arduino Uno" mikrokontrolera (*skatīt 1. pielikuma*), tā pārstartē uz tā uzlikto programmu, lai izslēgtu ierīci, melnā spiedpoga (*skatīt 1. pielikuma*), lai mainītu ierīces režīmus, iekārtas manuālajā frekvences izvēles režīmā, izslēgtu vai ieslēgtu skaņu, iekārtas automātiskajā signālu noteikšanas režīmā, lai pārslēgtu frekvences, potenciometrs (*skatīt 1. pielikuma*), lai, iekārtas manuālajā frekvences izvēles režīmā, mainītu frekvenci. Ierīcei ir 5 stāvokļi – izslēgts (*skatīt 1. pielikuma*), norāda, ka ierīce ir izslēgta, inicializējas (*skatīt 1. pielikuma*), norāda, ka ierīce ieslēdzas, meklē signālus atbilstoši konfigurētajam minimālajam signālu stiprumam, aizpildīto taisnstūru skaits atbilst derīgajiem signāliem, frekvences un tās signāla stipruma attēlošana ar skaņu (*skatīt 1. pielikuma*), frekvences un tās signāla stipruma attēlošana bez skaņas (*skatīt 1. pielikuma*), frekvences attēlošana, kopā ar citu kritērijiem atbilstošo frekvenču skaitu (*skatīt 1. pielikuma*). Ierīces kodam ir 410 rindiņas, tas ir rakstīts "Arduino IDE" programmēšanas valodā, tajā ir izmantotas 3 bibliotēkas – "TEA4767"⁴⁰, "LiquidCrystal_I2C"⁴¹, "Wire", "Array"⁴² (*skatīt 3. pielikuma*).

Ierīces funkcijas ir, ar potenciometra palīdzību, pārslēgt frekvences, nolasot un pārveidojot potenciometra vērtības MHz un nosūtot FM radio uztvērēja modulim (*skatīt 3. pielikuma*), atrast visas pēc dotā minimālās signāla stipruma vērtības atbilstošās frekvences un tās apkopot datu masīvā, no kura tās pēc tam var, tik pieprasītas (*skatīt 3. pielikuma*), ieslēgt skaņu vai to izslēgt (*skatīt 3. pielikuma*), pārslēgt režīmus izmantojot galveno un atsevišķu funkciju, nolasot, cik ilgi ir nospiesta poga (*skatīt 3. pielikuma*). Ir iespējams konfigurēt ierīces minimālo meklējamo signālu stiprumu, pogas turēšanas laiku un izvēlētos "Arduino Uno" mikrokontrolera plates pinus (*skatīt 3. pielikuma*).

Ierīces darbības princips balstās uz komunikāciju starp tajā izmantotajām komponentēm un "Arduino Uno" mikrokontroleru, potenciometrs un spiedpoga padod vērtības mikrokontroleram, un mikrokontrolers padod vērtības FM radio uztvērēja modulim un LCD displejam. Ierīce galvenokārt balstās uz "TEA5767" FM radio uztvērēja moduli, tam padodot nepieciešamos frekvences, kuras vajag nolasīt, tas arī ir atbildīgs par skaņu. Lai ierīces lietotājs saprastu kādas frekvences tiek attēlotas un kāds ir to stiprums, šie dati tiek attēloti uz LCD displeja un ievākti no mikrokontrolera un FM radio uztvērēja moduļa.

Kopumā radio viļņu nolasīšanas iekārtas izveidei tika izvēlēts "Arduino" mikrokontrolers, kopā ar "TEA5767" FM radio uztvērēja moduli par pamatu. Tā darbojas, balstoties uz komponentu mijiedarbību, un kodu, kas tika rakstīts "Arduino IDE" programmēšanas valodā.

⁴⁰ <https://github.com/big12boy/TEA5767>

⁴¹ <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/>

⁴² <https://github.com/janelia-arduino/Array>

Secinājumi

1. Pētījuma mērķis un visi tajā izvirzītie uzdevumi tika veiksmīgi sasniegt.
2. Apkopojot informāciju par radio viļņu nolasīšanas izraisītajām sabiedrības un ētiskajām problēmām, var secināt, ka ikdienā radioviļņu nolasīšanas pielietojums rada vairākas ētiskas problēmas un veicina vairāku sabiedrības sociālu normu pārkāpumus.
3. Apkopojot informāciju par radioviļņu nolasīšanas pielietošanu, var secināt, ka mūsdienās to pielieto ļoti plaši visdažādākajās un pat šķietami ar sakariem nesaistītās nozarēs. Lielai daļai mūsdienu pielietojumu ir atrodamas saknes radioviļņu nolasīšanas pirmsākumos.
4. Ieskats par radioviļņiem un ar tiem veicamajām darbībām, tika radīts, veicot pirmos 3 pētījuma uzdevumus un izklāstot, kādi ir radioviļņu un sakaru nolasīšanas pamatprincipi, kā fiziski darbojas radioviļņu, ko izmanto, lai apstrādātu, nolasītu un uztvertu radioviļņus.
5. Veidojot FM radio uztvērēju izmantojot “Arduino” mikrokontroleru, kā tā darbības pamatu, ir iespējams, tā funkcionalitātes pilnveidot un izveidot ar minimāliem ierobežojumiem un sarežģījumiem, izmantojot internetā atrodamas bibliotēkas, iemācoties “Arduini IDE” programmēšanas valodu.
6. ZPD autors uzskata, ka ar “Visual Studio Code” koda redaktoru ir vieglāk izstrādāt kodu nekā ar “Arduino IDE” koda redaktoru, jo tas ar krāsām atšķir vērtības, ir pārskatāmāks, un tam ir auto aizpildes funkcija.

Literatūras un izmantoto avotu saraksts

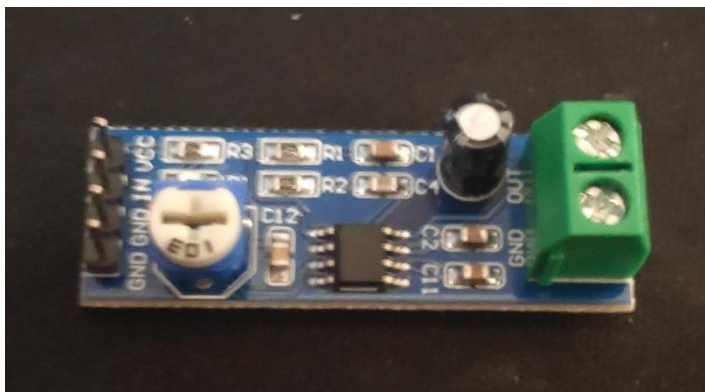
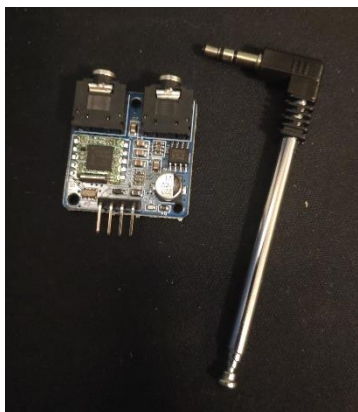
1. Britanica. *Wave, Types and features of waves, Wave behaviour*. Pieejams: <https://www.britannica.com/science/wave-physics> (Skatīts 06.12.2022.)
2. Britanica, *Radio waves*. Pieejams: <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation/Radio-waves#ref59181> (Skatīts 06.12.2022.)
3. Frenzel L. E. ElectronicDesignn. *Welcome To Antennas 101*. Pieejams: <https://www.electronicdesign.com/technologies/passives/article/21769333/electronic-design-welcome-to-antennas-101> (Skatīts 06.12.2022.)
4. Brown G. HowStuffWorks. *How Radio Scanners Work*. Pieejams: <https://electronics.howstuffworks.com/radio-scanner.htm> (Skatīts 06.12.2022.)
5. Vocal. *Frequency Scrambler and Frequency Inversion*. Pieejams: <https://vocal.com/secure-communication/frequency-scrambler-frequency-inversion/> (Skatīts 06.12.2022.)
6. Wildtalk. *Knowledge Base*. Pieejams: <https://www.wildtalk.com/knowledge-base/scramble-and-encryption/> (Skatīts 06.12.2022.)
7. Ofcom. *Radio interception*. Pieejams: <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/interference-enforcement/radio-interception> (Skatīts 06.12.2022.)
8. FildLaw. *Interception and Divulgence of Radio Communications*. Pieejams: <https://corporate.findlaw.com/litigation-disputes/interception-and-divulgence-of-radio-communications.html> (Skatīts 06.12.2022.)
9. FCC. *Interception and Divulgence of Radio Communications*. Pieejams: <https://www.fcc.gov/consumers/guides/interception-and-divulgence-radio-communications> (Skatīts 06.12.2022.)
11. Home Office. *Interception of Communications - Code of Practice*. Pieejams: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/496064/53659_CoP_Communications_Accessible.pdf (Skatīts 06.12.2022.)
12. Security service MI5. *Interception Of Communications*. Pieejams: <https://www.mi5.gov.uk/interception-of-communications> (Skatīts 06.12.2022.)
13. Bailey C. Tni. *Surveillance and the Interception of Communications*. Pieejams: <https://www.tni.org/es/node/8265> (Skatīts 06.12.2022.)
14. Schmid G. European parliament. *REPORT on the existence of a global system for the interception of private and commercial communications (ECHELON interception system) (2001/2098(INI)) Part 1: Motion for a resolution Explanatory statement Part 2: Minority Opinions Annexes*. Pieejams: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-5-2001-0264_EN.html#_section1 (Skatīts 06.12.2022.)
15. Hyder S. JSTOR. *The Fourth Amendment and Government Interception of Unsecured Wireless Communications*. Pieejams: <https://www.jstor.org/stable/24122041> (Skatīts 06.12.2022.)
16. Eiropas Parlamenta pētniecības dienesta studija *The ECHELON Affair - The EP and the global interception system 1998 – 2002*. Pieejams: https://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS_STUDY_538877_AffaireEchelon-EN.pdf (Skatīts 06.12.2022.)
17. GOV.UK. *Interception and monitoring prohibitions in sanctions made under the Sanctions and Anti-Money Laundering Act 2018: technical guidance*. Pieejams: <https://www.gov.uk/government/publications/interception-and-monitoring->

- prohibitions-in-sanctions-technical-guidance/interception-and-monitoring-prohibitions-in-sanctions-made-under-the-sanctions-and-anti-money-laundering-act-2018-technical-guidance (Skatīts 06.12.2022.)
18. Stanley-Becker I. The Washington Post. *Germany intercepts Russian talk of indiscriminate killings in Ukraine*. Pieejams: <https://www.washingtonpost.com/world/2022/04/07/bucha-german-intelligence-radio-bnd-russia/> (Skatīts 06.12.2022.)
 19. AfriForum. *AFRIFORUM TAKES ACTION AGAINST UNLAWFUL INTERCEPTION OF COMMUNICATION*. Pieejams: <https://afriforum.co.za/en/afriforum-takes-action-against-unlawful-interception-of-communication/> (Skatīts 06.12.2022.)
 20. Group 2000. *LIMA Lawful Interception*. Pieejams: https://group2000.com/lima-lawful-intercept/?gclid=Cj0KCQjwwfiaBhC7ARIsAGvcPe6gpS3rn1VBkCvLMVVVL3N9xmlglOxfLMam7Rq4MBgn4Kk4ERMw0bJUaAgnfEALw_wcB (Skatīts 06.12.2022.)
 21. Myre G. NPR. *How does Ukraine keep intercepting Russian military communications?* Pieejams: <https://www.npr.org/2022/04/26/1094656395/how-does-ukraine-keep-intercepting-russian-military-communications> (Skatīts 06.12.2022.)
 22. FUNDAMENTALS OF -ARMED FORCES SECURITY AGENCY. *TRANSMISSION SECURITY-cJOINT*. Pieejams: https://www.nsa.gov/Portals/75/documents/news-features/declassified-documents/friedman-documents/publications/FOLDER_220/41760209079934.pdf (Skatīts 06.12.2022.)
 23. Smoot B. R. Army history museum. *Chut, J'ecoute: The U.S. Army's Use of Radio Intelligence in World War I*. Pieejams: <https://armyhistory.org/chut-jecoute-the-u-s-armys-use-of-radio-intelligence-in-world-war-i-2/> (Skatīts 06.12.2022.)
 24. Flicke W. *The Beginnings of Radio Intercept in World War I*. Pieejams: https://www.nsa.gov/portals/75/documents/news-features/declassified-documents/cryptologic-spectrum/beginnings_radio_intercept.pdf (Skatīts 06.12.2022.)
 25. Britanica. *From World War I to 1940, World War II and after*. Pieejams: <https://www.britannica.com/technology/military-communication/World-War-II-and-after> (Skatīts 20.11.2022.)
 26. Rijmenants D. CIPHER MACHINES AND CRYPTOLOGY. *Cold War Signals*. Pieejams: <https://www.ciphermachinesandcryptology.com/en/coldwarsignals.htm> (Skatīts 06.12.2022.)
 27. Londonas Ekonomikas skola. *A very brief history of interception*. Pieejams: <https://blogs.lse.ac.uk/medialse/2016/02/15/a-very-brief-history-of-interception/> (Skatīts 06.12.2022.)
 28. La Rue F. United Nations. *Report of the Special Rapporteur on the promotion and protection of the right to freedom of opinion and expression*. Pieejams: https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session23/A.HRC.23.40_EN.pdf (Skatīts 06.12.2022.)
 29. Cranley E. Insider. *The 57 nations in the world that aren't 'free,' according to an international watchdog*. Pieejams: <https://www.businessinsider.com/countries-that-arent-free-report-2019-5#north-korea-31> (Skatīts 06.12.2022.)
 30. Horton A. un Harris S. The Washington Post. *Russian troops' tendency to talk on unsecured lines is proving costly*. Pieejams: <https://www.washingtonpost.com/national-security/2022/03/27/russian-military-unsecured-communications/> (Skatīts 06.12.2022.)
 31. Cranny-Evans S. un Dr Withington T. Rusi. *Russian Comms in Ukraine: A World of Hertz*. Pieejams: <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russian-comms-ukraine-world-hertz> (Skatīts 06.12.2022.)

32. Scanner School. *SCANNERS VS RECEIVERS*. Pieejams: <https://www.scannerschool.com/scanners-vs-receivers/> (Skatīts 12.01.2023.)
33. WIMO. *The ultimate SDR guide*. Pieejams: <https://www.wimo.com/en/sdr> (Skatīts 12.01.2023.)
34. Rajiv. RF Page. *What are the components of Software Defined Radio and its Applications*. Pieejams: <https://www.rfpage.com/what-are-the-components-of-software-defined-radio-and-its-applications/> (Skatīts 12.01.2023.)
35. Mondayblog. *How to write a technical specification [with examples]*. Pieejams: <https://monday.com/blog/rnd/technical-specification/> (Skatīts 12.01.2023.)
36. Darrah K. YouTube. *Simple & Cheap Arduino FM Radio! - Tutorial + Code*. Pieejams: https://www.youtube.com/watch?v=n1hPj2wfsnA&ab_channel=KevinDarrah (Skatīts 12.01.2023.)
37. ARDUINO.CC. *Arduino UNO R3*. Pieejams: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3> (Skatīts 12.01.2023.)
38. inventor KR. YouTube. *how to make fm radio receiver*. Pieejams: https://www.youtube.com/watch?v=K_KGpeN28-U&ab_channel=inventorKR (Skatīts 12.01.2023.)
39. GreatScott!. YouTube. *Build your own Crude FM Radio || FM,AM Tutorial*. Pieejams: https://www.youtube.com/watch?v=h_F3J4vyzNk&ab_channel=GreatScott%21 (Skatīts 12.01.2023.)
40. big12boy. GitHub. *TEA5767*. Pieejams: <https://github.com/big12boy/TEA5767> (Skatīts 12.01.2023.)
41. Brabander de F. Un Schwartz M. ARDUINO.CC. *LiquidCrystal I2C*. Pieejams: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/> (Skatīts 12.01.2023.)
42. peterpolidoro. GitHub. *Array*. Pieejams: <https://github.com/janelia-arduino/Array> (Skatīts 12.01.2023.)
43. SparkedFun. *TEA5767HN Low-power FM stereo radio for handheld applications*. Pieejams: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/General/TEA5767.pdf> (Skatīts 12.01.2023.)
44. SparkedFun. Pieejams: <https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/9/2/8/7/12615-02.jpg> (Skatīts 12.01.2023.)
45. Shoplightspeed. Pieejams: <https://cdn.shoplightspeed.com/shops/642375/files/29464252/930x930x3/arduino-uno-r3-development-board.jpg> (Skatīts 12.01.2023.)
46. PARALLAX. Pieejams: <https://media.parallax.com/wp-content/uploads/2020/07/13161604/700-00012.png.webp> (Skatīts 12.01.2023.)
47. Cloudinary. Pieejams: <https://media.parallax.com/wp-content/uploads/2020/07/13161604/700-00012.png.webp> (Skatīts 12.01.2023.)
48. PARALLAX. Pieejams: <https://media.parallax.com/wp-content/uploads/2020/07/13161604/700-00012.png.webp> (Skatīts 12.01.2023.)

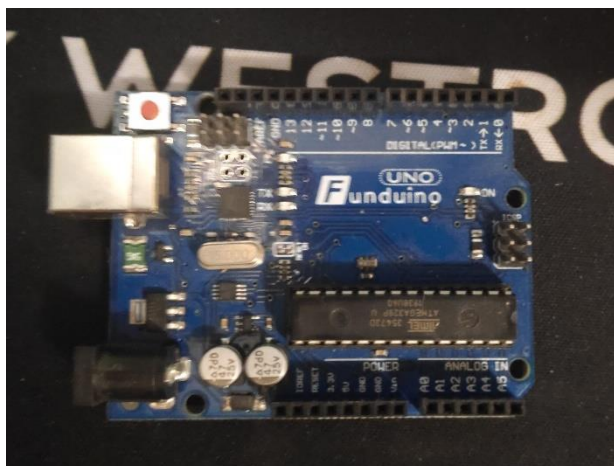
Pielikumi

1. pielikums. Attēli radioviļņu nolasīšanas iekārtai (uztvērējam).

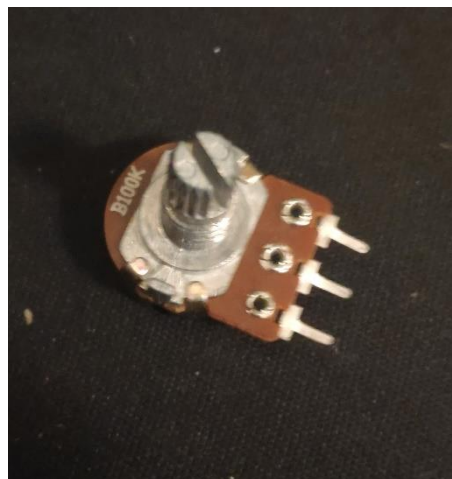


2. Attēls. "TEA5767" FM radio uztvērēja modulis ar antenu.

6. Attēls. "LM368" skaņas pastiprinātāja modulis.



5. Attēls. "Arduino Uno" mikrodators



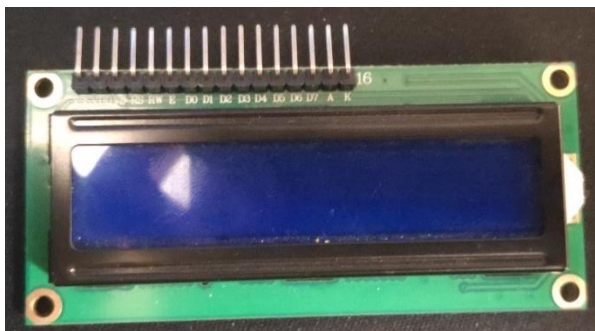
4. Attēls. "B100K" potenciometrs.



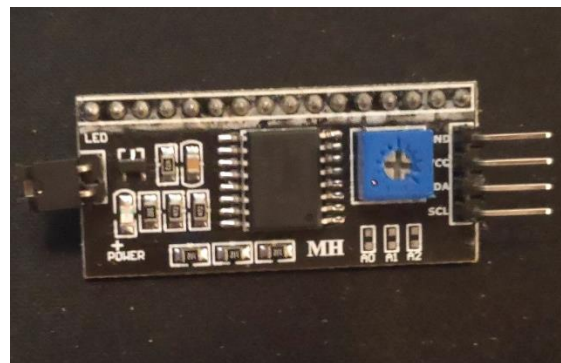
3. Attēls. Spiedpoga.



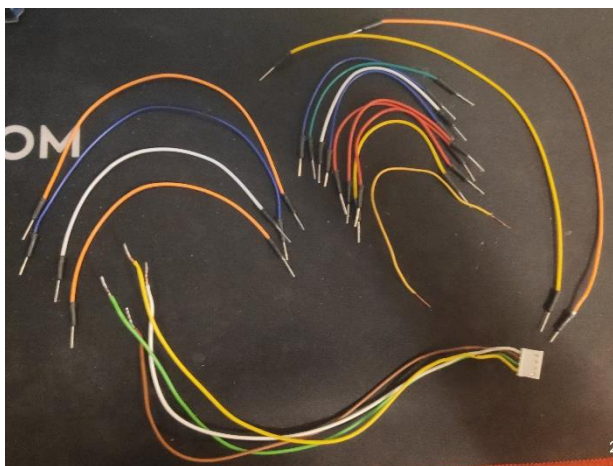
1. Attēls. 10000 omu rezistors.



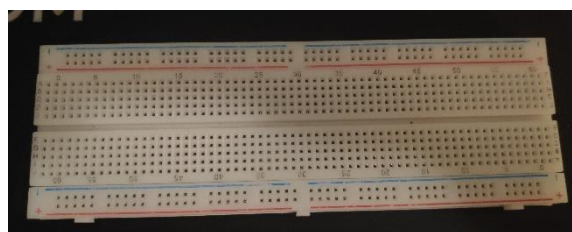
9. Attēls. LCD displejs.



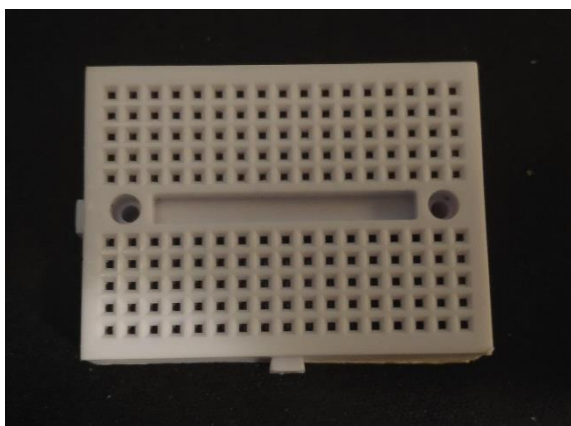
8. Attēls. "PCF8574T" displeja I2C modulis.



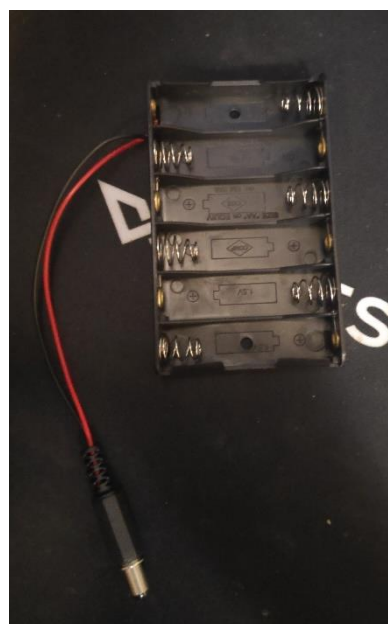
10. Attēls. Vadi.



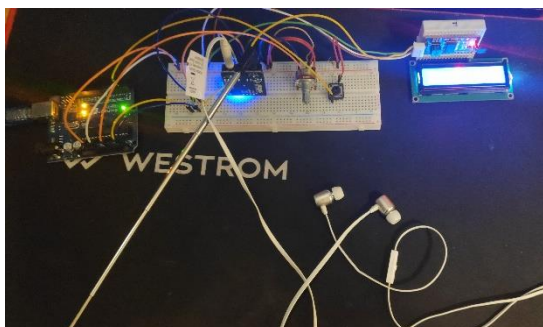
7. Attēls. Lielā maketēšanas plate.



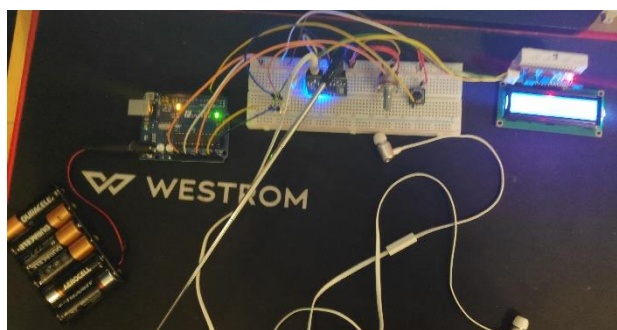
12. Attēls. Mazā maketēšanas plate.



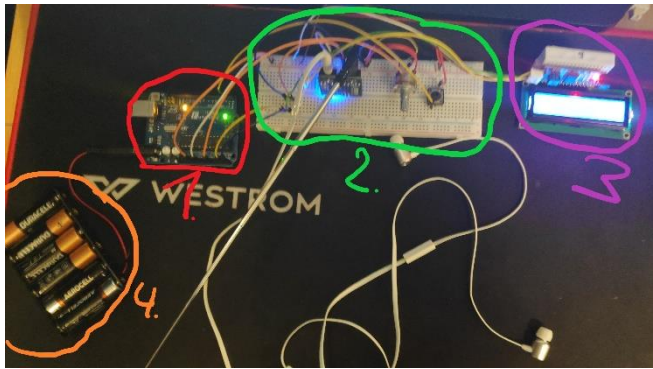
14. Attēls. Bateriju turētājs.



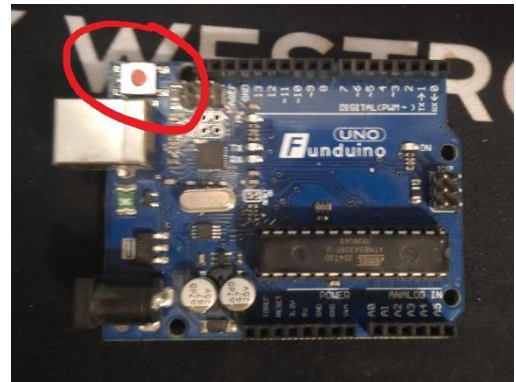
11. Attēls. Ierīce ar datoru, kā enerģijas avotu.



13. Attēls. Ierīce ar bateriju turētāju, kā enerģijas avotu.



20. Attēls. Ierīce sadalījums daļās.



21. Attēls. "Arduino Uno" mikrodatora sarkanā poga.



18. Attēls. Ierīces izslēgtais stāvoklis.



19. Attēls. Ierīces inicializācijas stāvoklis.



17. Attēls. frekvences un tās signāla stipruma attēlošana ar skaņu.

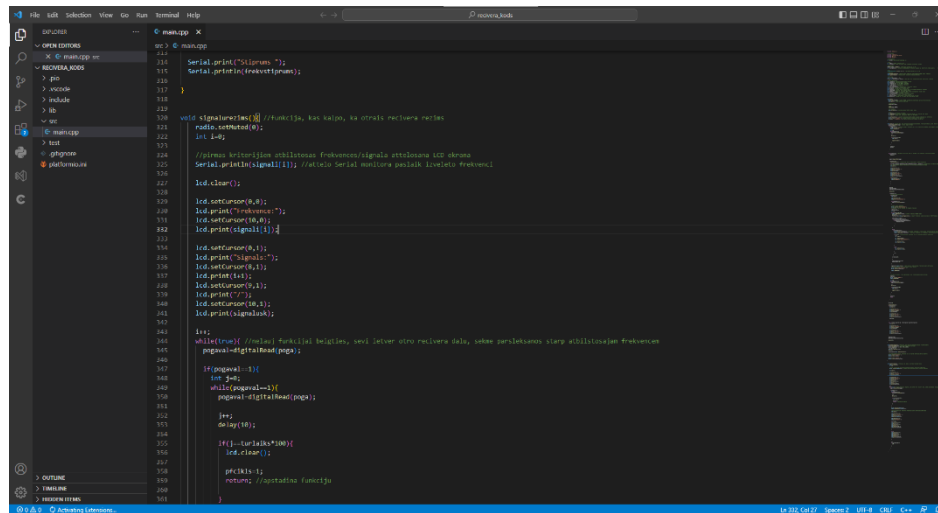


16. Attēls. frekvences un tās signāla stipruma attēlošana bez skaņas.

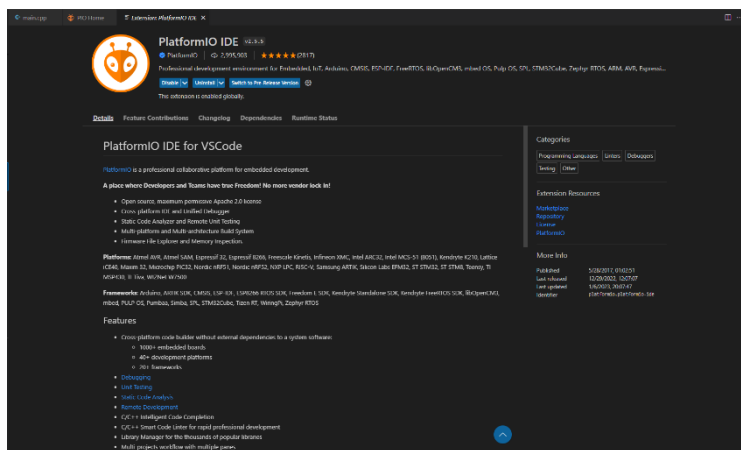


15. Attēls. Frekvences attēlošana, kopā ar citu kritērijiem atbilstošo frekvenču skaitu.

2. pielikums. Papildus iekārtas attēli.



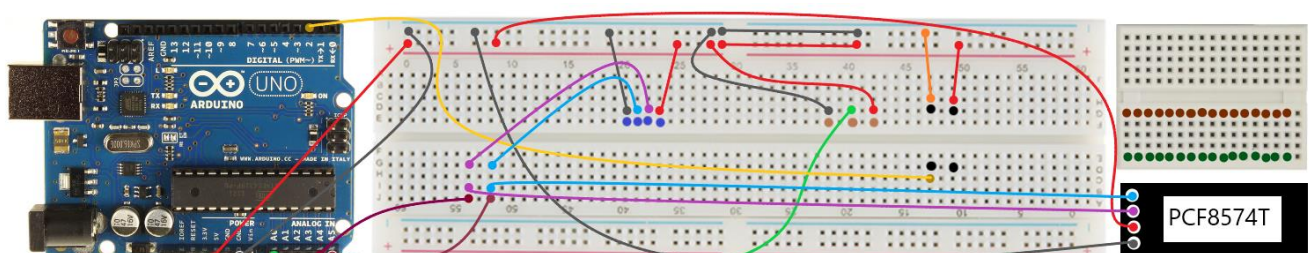
4. Attēls. "Visual Studio Code" koda redaktors.



2. Attēls. "PlatformIO" paplašinājums.

Line	Hex	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	SDA (1)		00P`P														
xxxx0001	(2)		!1AQa9														
xxxx0010	(3)		"2BRbr														
xxxx0011	(4)		#3CScs														
xxxx0100	(5)		\$4DTdt														
xxxx0101	(6)		%5EUeu														
xxxx0110	(7)		&6FVfv														
xxxx0111	(8)		'7GWgw														
xxxx1000	(1)		(8HXhx														
xxxx1001	(2)		>9IYiy														
xxxx1010	(3)		*:JZjz														
xxxx1011	(4)		+;K[k<														
xxxx1100	(5)		,<L¥11														
xxxx1101	(6)		-=[M]m>														
xxxx1110	(7)		.>N^n+														
xxxx1111	(8)		/?O_o€														

3. Attēls. LCD displeja I2C moduļa bibliotēkas simbolu tabulu.



- B100K potenciometrs
- 2 PINS
- SDA
- LCD displejs
- Spiedpoga
- 5V
- SLC
- PCF8574T modulis
- TEA5767 FM radio modulis
- Grounds
- A4 pins
- A5 pins
- 10K omu rezistors
- A0 pins

1. Attēls. ierīces saslēgšanas shēma.

3. *pielikums. Koda daļas.*

```

else if(frekv!=iepfrekv && frekvstiprums!=iepfrekvstiprums){
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Frekvence:");
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print(frekv);

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Stiprums:");
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print(frekvstiprums);

}

```

8. <i>Attēls.</i>	Signāla	traucējumu
	optimizācija.	

```
void frekvencesmaina(){ //funkcijas, kas nodrošina frekvences maiņu ar potenciometru
    potval=analogRead(pot); //nolasa potenciometra vertibas
    potval= map(potval, 2, 1014, 8750, 10800);
    frekv=potval/100;
    radio.setFrequency(frekv);
    delay(10);

    frekvstiprums=radio.getSignalLevel();

    //ar potenciometru iegutas frekvences un tas stipruma attelosana Serial monitora
    Serial.print("Frekvence: ");
    Serial.println(frekv);

    Serial.print("Stiprums ");
    Serial.println(frekvstiprums);
}
```

7. Attēls. Frekvences maina ar potenciometru.

```

    }
    Serial.println("OK");
    delay(1000);
}

void loop() {
    while (true) {
        digitalWrite(pin1, LOW);
        delay(100);
        digitalWrite(pin1, HIGH);
        delay(100);
    }
}

// Arduino
void setup() {
    pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
    digitalWrite(pin1, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(pin1, HIGH);
    delay(100);
}

// Arduino
void setup() {
    pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
    digitalWrite(pin1, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(pin1, HIGH);
    delay(100);
}

```

5. Attēls. Skaņas izslēgšana.

```
while(pogaval==1){
    pogaval=digitalRead(poga);

    i++;
    delay(10);

    if(i==turlaiks*100){
        lcd.clear();

        signalurezims();
    }
}
```

2. Attēls. Režīmu pārlēgšana.

```
//potenciometrs
int pot=A0; //potenciometra analoga pin

//poga
int poga=2; //pogas digitalais pin
int turlaiks=3; //pogas turesanas laiks (sekundes) lai mainitu rezimus

//fm receivers
TEAS5767 radio = TEAS5767(); //SDA analog pin A4; SCL pin A5
int minstiprums=12; //minimalais pielaujamais frekvences stiprums lai identificetu radio signalu;      stiprums: no 0 - 15

//lcd
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //SDA analog pin A4; SCL pin A5
```

3. Attēls. Ierīces konfigurējamās vērtības.

<https://github.com/MpRtato/ZPD>

Pilnais kods.

```
//bibliotekas
#include <TEA5767.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <Array.h>
```

6. *Attēls. Ierīces kodā izmantotās bibliotēkas.*

[illegible]

1. Attēls. Frekvenču atrašana
pēc minimālā signāla
stipruma.

```

status=1;
stamina=1;
Serial.println("LAPTIME");
radio.setMuted(0);

int i=0;
while(pogaval=1){
  pogaval=digitalRead(poga);

  i++;
  delay(10);

  if(i%400==100){
    lcd.clear();
    signalurevrim();
  }
}

pckills=0;
brrack;
}

}

pckills=0;

frequencemain();
if(stamina=1){
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Frequence:");
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print(freke);

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Sigprame:");
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print(frekstiprums);

  stamina=0;
}

else if(frek1=apfreky && frekstiprums1=apfrekstiprums){
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Frequence:");
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print(freke);

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Sigprame:");
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print(frekstiprums);

}

apfreky=freky;
apfrekstiprums=frekstiprums;

```

4. Attēls. Skaņas ieslēgšana.