

57. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE

Hitrost električnega signala, umetna inteligencia in socialna omrežja

Fizika in astronomija

Raziskovalna naloga

Mentor: Vitomir Horvat

Avtorici: Zoja Ojdenič Sancin

Alina Pukl

OŠ Bojana Iлича, Mladinska ulica 13, 2000 Maribor

Maribor, April 2023

57. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE

Hitrost električnega signala, umetna inteligencia in socialna omrežja

Fizika in astronomija

Raziskovalna naloga

Mentor: Vitomir Horvat

Avtorici: Zoja Ojdenič Sancin

Alina Pukl

OŠ Bojana Iлича, Mladinska ulica 13, 2000 Maribor

Maribor, April 2023

Kazalo

Kazalo slik.....	3
POVZETEK	5
Izhodišče	5
Metode dela	6
Ugotovitve	6
Zaključek (ChatGPT-jeva interpretacija naše zaključne razlage 7.3)	6
Zaključek z našimi besedami.....	7
1. TEORETIČNE OSNOVE	8
2. UMETNA INTELIGENCA	9
3. POSKUS: MERJENJE ČASOVNE ZAMUDE SIGNALA Z OSCILOSKOPOM	12
3.1 Mnenje umetne intelligence.....	12
3.2 Pripomočki:	13
3.3 Postopek.....	13
3.4 Vezava elementov električnega kroga in merilnika	14
3.5 Razlaga	17
3.6 Sklep	17
4. POSKUS: NAPETOST NA VIRU IN NAPETOST NA PORABNIKU.....	18
4.1 Pripomočki.....	19
4.2 Program za Arduino:	19
4.3 Postopek.....	19
4.4 Rezultati.....	21
5. POSKUS: SPREMINANJE RAZDALJE MED VIROM NAPETOSTI IN PORABNIKOM	23
5.1 Pripomočki.....	24

5.2 Postopek.....	24
6. POSKUS: MERJENJE HITROSTI SIGNALA S KOAKSIALNIM KABLOM	28
6.1 Pripomočki.....	29
6.2 Rezultati.....	30
7. POSKUS: PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJEV NEPOVEZANEM ELEKTRIČNEM KROGU.....	32
6.1 Pripomočki.....	32
7.2 Rezultati.....	33
7.3 Razlaga	34
8. DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	37
8.1 Električno in magnetno polje.....	37
8.2 Umetna inteligenca – Chat-GPT.....	37
8.3 Socialna omrežja – YouTube	37
9. VIRI.....	38

Kazalo slik

Slika 1: Električna sila, ki deluje na električni naboj	8
Slika 2: Priključka osciloskopa za generiranje signala (lasten vir)	14
Slika 3: Vezava sonde s porabnikom (uporom) (lasten vir).....	14
Slika 4: Shema električnega vezja (osciloskop kot vir napetosti).....	14
Slika 5: Sonda, povezana z virom napetosti (lasten vir)	15
Slika 6: Sonda, povezana s porabnikom/uporom ($R = 1005 \text{ Ohm}$) (lasten vir).....	15
Slika 7: Grafi napetosti na viru (rumeno) in na porabniku (modro). (lasten vir)	15
Slika 8: Graf napetosti v odvisnosti od časa ($dt = 1\mu\text{s}$) (lasten vir)	16
Slika 9: Graf napetosti v odvisnosti od časa ($dt = 20 \text{ ns}$) (lasten vir)	17
Slika 10: Postavitev eksperimenta (lasten vir)	18
Slika 11: Shema električnega vezja za merjenje signala na viru in porabniku (lasten vir).....	18
Slika 12: Arduino Uno in upornik z vsemi priključki (lasten vir)	20
Slika 13: Začetna slika na osciloskopu ($dt = 200 \mu\text{s}$) (lasten vir)	21
Slika 14: Graf napetosti v odvisnosti s časom ($dt=100\mu\text{s}$) (lasten vir)	22
Slika 15: Graf napetosti v odvisnosti s časom ($dt=20\text{ns}$) (lasten vir).....	22
Slika 16: Shema električnega vezja z Arduino Uno (lasten vir)	24
Slika 17: Graf napetosti v odvisnosti s časom za oddaljenost 50 cm. (lasten vir)	25
Slika 18: Odvisnost napetosti od časa za maksimalno razdaljo (kablov.....	27
Slika 19: Shema električnega vezja. Vzporedni žici predstavljata koaksialni kabel. (lasten vir)	28
Slika 20: Postavitev eksperimenta (lasten vir)	28
Slika 21: Vezava sonde na vir napetosti (lasten vir)	29
Slika 22: Vezava sonde na porabik (upornik) (lasten vir).....	29
Slika 23: Graf napetosti v odvisnosti od časa za 10 metrski koaksialni kabel (lasten vir)	30
Slika 24: sestava koaksialnega kabla (https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-coaxial-cable-showing-radial-E-field-and-circumferential-H-field_fig1_265238671 16.2.2023,	31
Slika 25: Shema vezave prekinjenega električnega kroga (lasten vir).....	32
Slika 26: Odvisnost napetosti očasa v prekinjenem električnem krogu (začetek signala) (lasten vir)	33

Slika 27: : Odvisnost napetosti očasa v prekinjenem električnem krogu (konec signala) (lasten vir)	33
Slika 28: Odvisnost napetosti očasa v prekinjenem električnem krogu (cela perioda signala) (lasten vir)	34
Slika 29: Odvisnost napetosti očasa v povezanem električnem krogu (cela perioda signala) (lasten vir)	35
Slika 30: Elektromagnetno polje, https://eucbeniki.sio.si/fizika9/190/index.html , 23.3.2023	36

POVZETEK

Zanimanje za tematiko naše raziskovalne naloge nam je vzbudil predvsem video dr. Dereka Mullerja. Pri raziskovalni nalogi nas je zanimalo predvsem, kako hitro se širi električni signal. Prepričati smo se pa žeeli tudi, koliko lahko verjamemo trditvam YouTuberjev in umetne inteligence.

Izhodišče

Novembra 2022 je dr. Derek Muller - znanstvenik, televizijska osebnost ter začetnik Youtube kanala Veritasium objavil video, ki je šokiral in spremenil mnenje mnogih. V videu namreč pojasni, da smo si potovanje električnega toka narobe razlagali, kar nam je vzbudilo radovednost. Ker odgovorov na naša vprašanja nismo našli v osnovnošolskih učbenikih, smo se odločili, da tematiko podrobnejše raziščemo. V raziskovalni nalogi smo njegovo teorijo eksperimentalno preizkusili v praksi s pomočjo natančnega merjenja napetosti električnega signala. Za natančno merjenje napetosti v odvisnosti od časa smo uporabili osciloskop, za generiranje napetosti pa mikrokrmilno ploščo Arduino Uno.

Dr. Derek Muller v video posnetku s pomočjo plastične cevi in verige razloži, kako si večina predstavlja prenos električne energije. Prav tako zastavi vprašanje »koliko časa bi potrebovala električna energija, da bi iz baterije prišla do žarnice, če se med njima razteza na vsako stran 300 000 km bakrene žice, ki so položene tako, da sta žarnica in baterija en meter narazen?«. Po logiki in dosedanjem razumevanju bi se odgovor glasil eno sekundo, ker bi signal potoval po celotni dolžini žice. Ker se pa električna energija prenaša predvsem preko električnega in magnetnega polja, pomeni, da je odgovor na prej zastavljeni vprašanje nekaj nano sekund.

Čeprav smo teorijo z ogledom razlage do določene mere razumeli, smo se odločili opraviti več poskusov, s katerimi smo preverili, ali trditve dr. Dereka Mullerja držijo.

Prav tako smo pred kratkim bili seznanjeni z umetno inteligenco ChatGPT, zato smo se odločili, da preizkusimo njeno delovanje in natančnost vzporedno s pravilnostjo razlage dr. Dereka Mullerja na YouTubu.

Metode dela

Prenos električnega signala smo se odločili raziskati z različnimi poskusi. Pri poskusih smo uporabili različne generatorje napetosti, merilnike napetosti in žice. Kot generator napetosti smo uporabili generator kvadratnega signala, ki je vgrajen v osciloskop, nato pa smo uporabili Arduino Uno z namenskim programom. Kot merilnik napetosti smo uporabljali voltmeter in osciloskop, oboje smo povezali z različnimi žicami. Pri poskusih smo opazovali predvsem časovni zamik signala, na podlagi katerega smo sklepali na način prenosa energije.

Kot metodo dela smo uporabili tudi umetno inteligenco Chat GPT.

Ugotovitve

Hitrost prenosa električne energije je odvisna predvsem od dolžine žice od vira do porabnika. Električni signal in s tem električna energija se širita tudi po praznem prostoru, zato pri hitrosti električnega signala odigra vlogo tudi »zračna« razdalja med virom in porabnikom. Pri uporabi enosmernega toka je delež električne energije, ki se prenese po praznem prostoru, relativno majhen in za praktične aplikacije neuporaben. Napetost na porabniku se inducira le ob vklopu in izklopu napetosti na viru. Električno energijo zaradi neprestano spreminjačega električnega in magnetnega polja po praznem prostoru lažje širimo z uporabo izmeničnega toka.

Zaključek (ChatGPT-jeva interpretacija naše zaključne razlage 7.3)

Ko se napetost na viru poveča, se električno polje okoli vodnika okrepi. To pa ima za posledico, da se spreminja tudi magnetno polje okoli vodnika, ki doseže tudi porabnik. Zaradi tega se pojavi napetost na žicah, ki so povezane s porabnikom, kar povzroči nihanje napetosti na porabniku. Vendar pa pri uporabi signala kvadratne oblike delež prenesene energije ni velik. Če bi želeli prenesti več energije, bi morali uporabljati signal sinusne oblike. Kljub temu pa lahko zaradi zelo majhnih sprememb napetosti na porabniku sklepamo, da se pri prekinjenih žicah prenese zelo malo energije, kar nasprotuje trditvam dr. Derek Mullerja v videu »How Electricity Actually Works«.

Zaključek z našimi besedami

Motivacija za raziskovalno nalogu je bila dilema o pravilnosti trditve v videu dr. Derek Mullerja v videu »How Electricity Actually Works«. Trditve smo preverjali na eksperimentalen način in s pomočjo umetne inteligence ChatGPT, ki je v času nastanka te raziskovalne naloge deloval na bazi verzije umetne inteligence GPT 3.5.

Najprej smo izvedli podoben eksperiment, kot ga je izvedel dr. Derek Muller v videu »How Electricity Actually Works«, nato smo si zastavili in izvedli še eksperiment pri katerem smo oddaljenost porabnika in vira spremišljali. Za konec smo preizkusili še, kaj se zgodi, če vodnike prekinemo.

Rezultati eksperimentalnega dela so nam pokazali, da trditve dr. Derek Mullerja držijo. Električna energija se prenaša preko električnega in magnetnega polja.

Z eksperimentom s prekinjenimi vodniki smo dokazali, da se zelo mali delež energije prenese tudi po praznem prostoru. Delež te energije pri uporabi signala kvadratne oblike je zanemarljivo majhen. Ugotovili smo, da se pri uporabi bakrenih žic, signal širi po praznem prostoru. Pri tem signal porabi toliko časa, kot ga porabi svetloba za pot od vira do porabnika.

Z uporabo koaksialnega kabla smo pa dokazali, da električnemu polju lahko preprečimo širjenje po praznem prostoru in s tem dosežemo, da signal od vira do porabnika prepotuje razdaljo, ki je enaka dolžini kabla.

Znanje, ki smo ga pridobili pri tej raziskovalni nalogi bomo v prihodnje s pridom uporabili pri analizi radijskih signalov in signalov sprejemnikov in oddajnikov za modelarstvo. S pridobljenim znanjem bi lahko v prihodnje, kot projektno nalogu, izdelali brezžični polnilec za telefon.

Teorije, ki se delijo po socialnih omrežjih, je potrebno preveriti na znanstven način, bodisi z uporabo potrjene literature ali lastnim eksperimentiranjem. V času nastanka te raziskovalne naloge našim izzivom ni bila kos niti umetna inteligenca.

1. TEORETIČNE OSNOVE

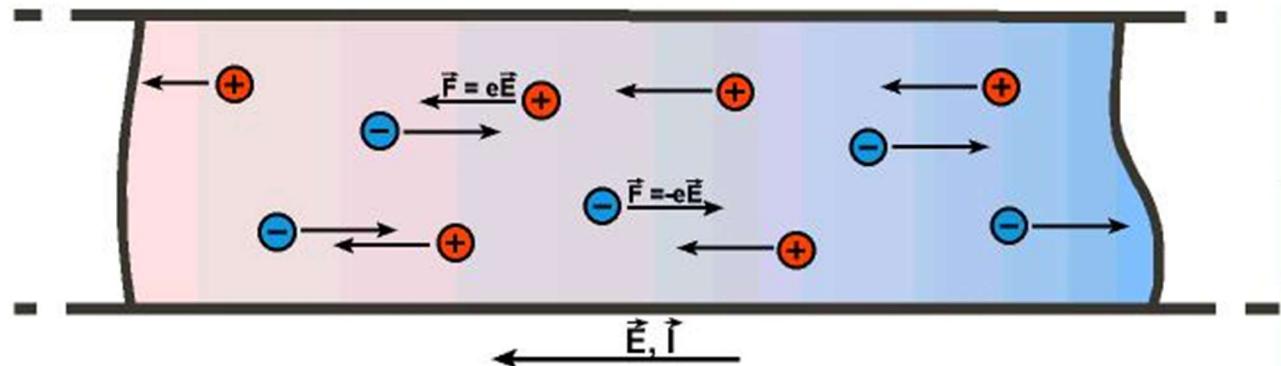
1. Električni tok in hitrost

Električni tok je povezan s potovanjem nosilcev naboja zaradi zunanjega električnega polja. V kovini potujejo prevodniški elektroni, ki jih oddajo kristalu atomi, ko se vgradijo v kristalno mrežo. V tej mreži so vezani kovinski ioni, elektroni pa so »last« kristala kot celote.

http://projlab.fmf.uni-lj.si/archiv/2003_04/Naloge/izdelki/zarnitka/teorija.htm

Ločiti moramo med hitrostjo elektronov v žici, ki je relativno nizka (nekaj milimetrov na sekundo) in hitrostjo prenosa električnega signala oz. električne energije od vira napetosti do porabnika.

Električno energijo prenašata električno in magnetno polje. Poleg električnega in magnetnega polja pa tudi elektroni nosijo energijo v obliki kinetične energije kot posledice mase in hitrosti elektronov, le-to dobijo kot posledico vpliva električnega polja na na električni naboj.



Slika 1: Električna sila, ki deluje na električni naboj

1.1 Hitrost elektrike

Hitrost elektrike je konceptualno hitrost elektromagnetnega signala v žici, kar je podobno konceptu hitrosti svetlobe v vakuumu. Hitrost je prav odvisna tudi od konstrukcije kabla, geometrije in instalacije žic. Dobri kabli dosežejo 80 % svetlobne hitrosti; odlični pa kar 90 %.

2. UMETNA INTELIGENCA

Odločili smo se, da kot metodo dela uporabimo tudi Chat GPT. Začeli smo s splošnim vprašanjem.

Vprašanje za Chat GPT: »Kako izmeriti hitrost električnega signala«

Odgovor Chat GPT

»Hitrost električnega signala se lahko izmeri na več načinov. En način je uporaba osciloskopa, ki je elektronska naprava, ki omogoča merjenje in prikaz valov električnih signalov v časovni in amplitudni razsežnosti. Drug način je uporaba taktilnega merilnika, ki omogoča merjenje hitrosti električnega signala na določenem odseku vodnika. Tudi uporaba merilnikov frekvence lahko pomaga izmeriti hitrost električnega signala.«

Ena od metod za merjenje hitrosti električnega signala je tudi analiza časa potovanja signala med dvema točkama v omrežju. Za to se uporablja tako imenovana "time-of-flight" metoda.

Vse te metode so primeri merjenja hitrosti električnega signala, vendar ima vsaka od njih svoje prednosti in omejitve. Izbor metode je odvisen od specifičnih potreb merjenja in okoliščin.

Hitrost električnega signala lahko izmerimo z različnimi metodami, odvisno od konteksta in potrebe merjenja. Nekatere možnosti so:

1. *Osciloskop: Osciloskop je elektronsko orodje, ki omogoča vizualno merjenje in analizo električnih signalov. Uporablja se lahko za izmerjanje hitrosti električnega signala s pomočjo merjenja časovnega intervala med dvema vrhovoma signalov.*

2. *Merilnik hitrosti prenosa:* Merilnik hitrosti prenosa omogoča merjenje hitrosti prenosa podatkov v električnem komunikacijskem sistemu. Izmerjena hitrost se izračuna kot število prenešenih bitov v določenem časovnem obdobju.
3. *Frekvenčni analizator:* Frekvenčni analizator omogoča merjenje frekvence električnega signala, ki je inverzna vrednost časa. Če imamo frekvenco signala in dolžino valovanja, lahko hitrost električnega signala izračunamo kot produkt frekvence in valovanja.
4. *Merilnik za hitrost propagacije:* Merilnik za hitrost propagacije omogoča merjenje hitrosti propagacije električnega signala v optičnih vlaknih. To se naredi z merjenjem časovne razlike med trenutkom, ko se signal pošlje skozi vlakno in trenutkom, ko se signal sprejme na koncu vlakna.

Vsi našteti načini zahtevajo ustrezno opremo in znanje za pravilno uporabo in interpretacijo rezultatov.

Hitrost električnega signala lahko z osciloskopom izmerimo s pomočjo merjenja časovnega intervala med dvema vrhovoma signalov. Konkretno, postopek izmeritve hitrosti električnega signala z osciloskopom vključuje naslednje korake:

5. *Priklučite osciloskop na vhod signalov, ki jih želite meriti.*
 6. *Nastavite osciloskop na časovni način, da se signal prikaže kot funkcija časa.*
 7. *Nastavite osciloskop tako, da bo prikazal signal v obliki valovne oblike.*
 8. *Nastavite osciloskop tako, da bo prikazal dva vrhova signala, ki jih želite meriti.*
-

9. Izmerite razdaljo med dvema vrhovoma signalov, ki ste ju izbrali, in jo označite kot "d".

10. Izmerite časovni interval med dvema vrhovoma signalov, ki ste ju izbrali in ga označite kot "t".

11. Izračunajte hitrost električnega signala kot razmerje med dolžino valovanja in časovnim intervalom: $V = d/t$.

12. Rezultat bo prikazan v enotah, kot so metri na sekundo (m/s) ali metri na nanosekundo (m/ns).

Je potrebno biti previden in izbrati vrhove signala, ki niso preveč blizu in ki so dovolj čisti, da se lahko enostavno izmerijo. Osciloskop mora biti nastavljen na ustrezno hitrost osveževanja in dovolj visoko ojačan za zajem signala.«

3. POSKUS: MERJENJE ČASOVNE ZAMUDE SIGNALA Z OSCILOSKOPOM

S tem poskusom smo želeli ugotoviti, ali pride do časovne zamude signala in kolikšna je le-ta pri uporabi 2 x 10 m dolge bakrene žice. Kot generator napetosti smo se, tudi po nasvetu umetne inteligence, odločili uporabiti osciloskopov generator signala.

3.1 Mnenje umetne inteligence

Vprašanje za Chat GPT

Ali lahko uporabim osciloskopov generator signala kot vir napetosti, če isti osciloskop uporabim za merjenje časovne zamude signala?

Odgovor umetne inteligence

Da, lahko uporabite osciloskopski generator signala kot signalni vir pri merjenju hitrosti električnega signala z istim osciloskopom. Veliko osciloskopov, vključno z RIGOL DS1202, ima notranji osciloskopski generator signala, ki lahko proizvaja različne vrste signalov, kot so sinusni, kvadratni, trojni in drugi. Ta generator se lahko uporablja kot signalni vir, ki se odda na osciloskop in se meri hitrost električnega signala.

Če želite to narediti, morate nastaviti generator na želeno frekvenco in amplitudo signala, ki ga želite meriti, in ga nato povezati z osciloskopom. Osciloskop nato pregleduje signal, ki ga generator proizvaja in ga prikaže na zaslonu. Iz osciloskopa lahko zdaj izmerite hitrost električnega signala, tako kot sem opisal v prejšnjih odgovorih, vključno z izmero časovnih intervalov med dvema vrhovoma signalov.

Uporaba notranjega generatorja signalov vam lahko omogoča, da se izognete potrebi po zunanjem signalnem viru in preprosto spremenite parametre signala, ki ga želite meriti, brez potrebe po menjavi opreme.

Glede na odgovor umetne inteligence smo se poskusa lotili!

3.2 Pripravki:

- 20 m bakrene žice,
- vezni elementi za žico,
- nosilci za žico,
- upornik,
- računalnik,
- osciloskop.

3.3 Postopek

Pred poskusom smo kalibrirali obe sondi osciloskopa.

Napetost smo merili z dvema sondama na istem osciloskopu. Prvo sondo smo povezali na osciloskopov generator signala. Drugo sondo smo priklopili na upornik ($R=1005 \Omega$). Vir napetosti in upornik smo povezali z 2 x 10 m bakrene žice.



Slika 2: Prikluček osciloskopa za generiranje signala



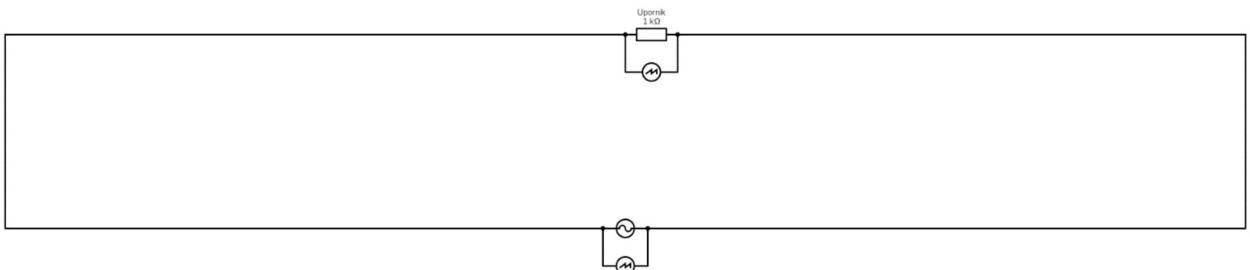
Slika 3: Vezava sonde s porabnikom (uporom) (lasten vir)

3.4 Vezava elementov električnega kroga in merilnika

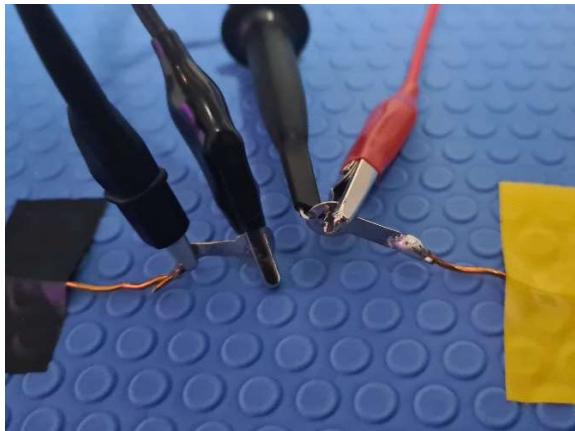
Zgornji priključek osciloskopa (glej sliko 2), na katerega je povezan rdeč kabel, deset metrov bakrene žice in sonda za merjenje napetosti, je vir signala. Signal sonde, s katero merimo napetost na viru, je na osciloskopu prikazan v rumeni barvi.

Spodnji priključek, na katerega je povezan kabel črne barve, predstavlja ozemljitev. Sondo za merjenje napetosti na porabniku/uporniku smo povezali neposredno na upornik ($R = 1005 \Omega$). Signal sonde, s katero merimo napetost na porabniku, je na osciloskopu prikazan v modri barvi.

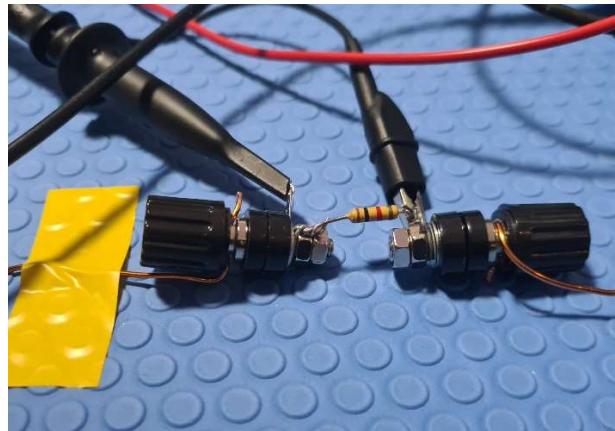
Navedene barvne sheme se bomo držali tekom celotne raziskovalne naloge.



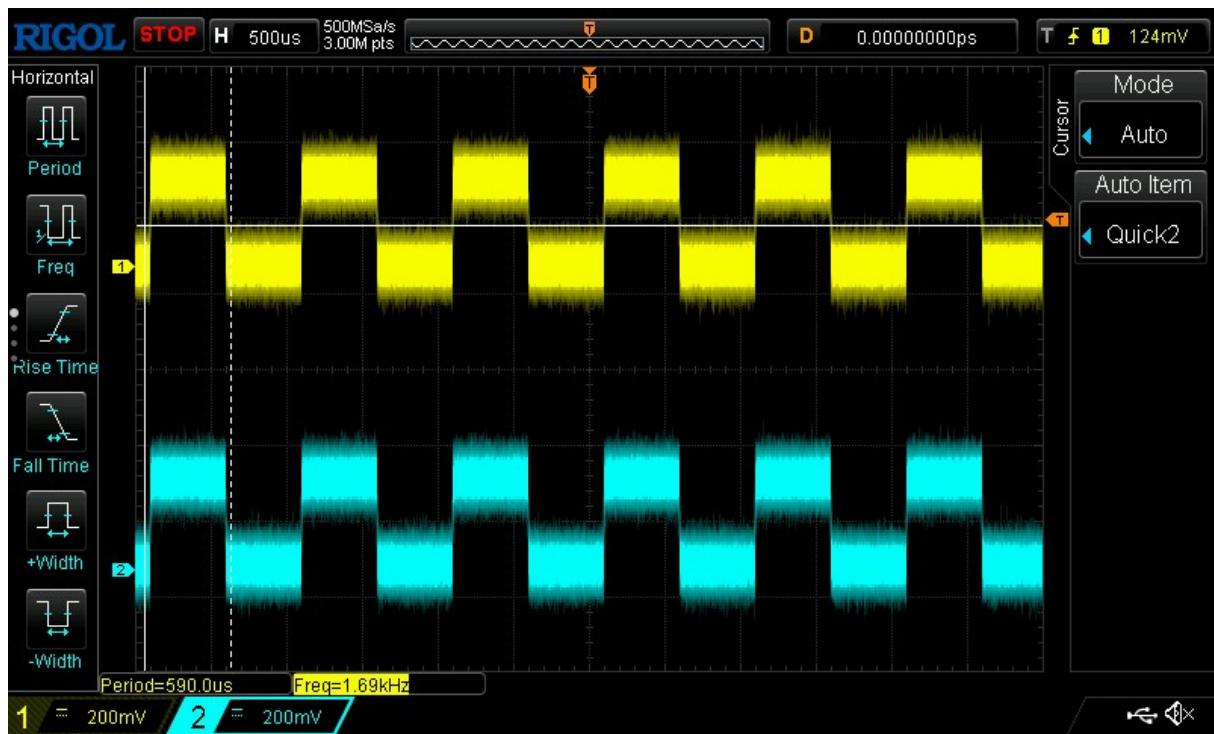
Slika 4: Shema električnega vezja (osciloskop kot vir napetosti)



Slika 5: Sonda, povezana z virom napetosti (lasten vir)



Slika 6: Sonda, povezana s porabnikom/uporom ($R = 1005$ Ohm) (lasten vir)

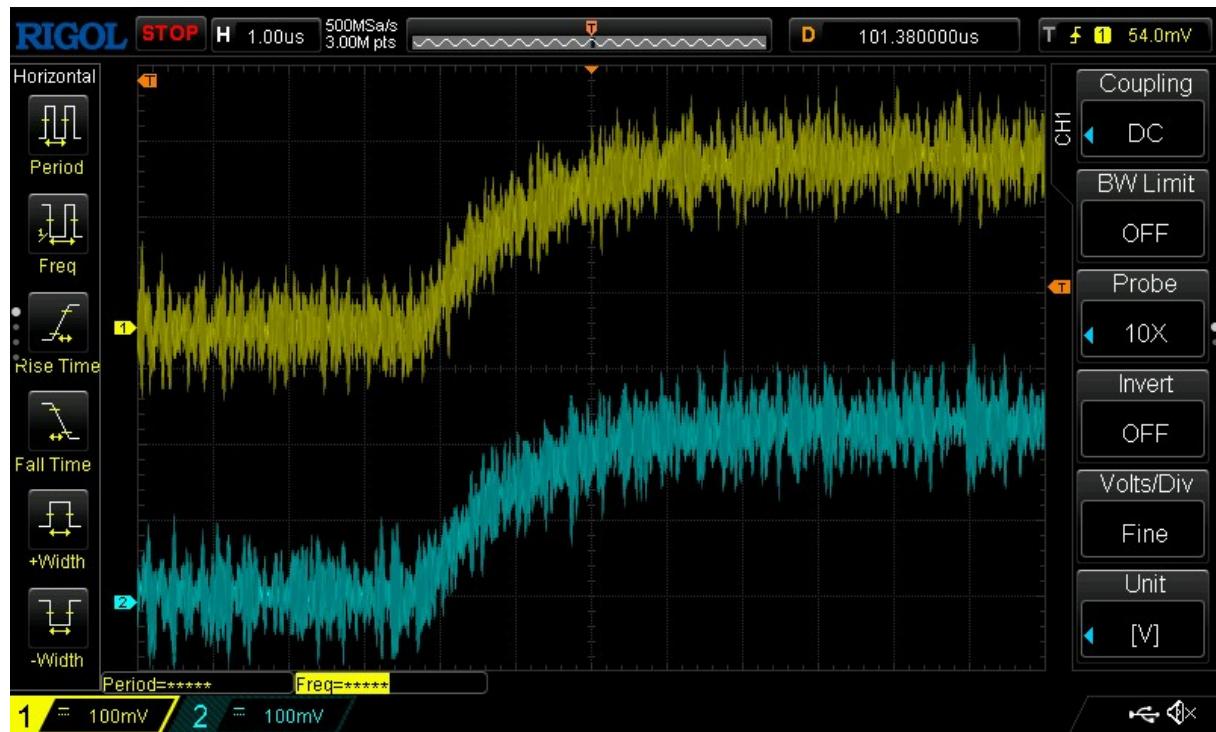


Slika 7: Grafi napetosti na viru (rumeno) in na porabniku (modro). (lasten vir)

Signal, ki ga generira osciloskop, je reda velikosti nekaj milivoltov. Po priklopu bakrenih žic 2 x 10 m in upornika smo opazili, da signal ni več čist. Med umerjanjem sond tolikšnih motenj nismo opazili (glej sliko umerjanja sond). Sklepamo, da je razlog za motnje priklop žic in upornika.

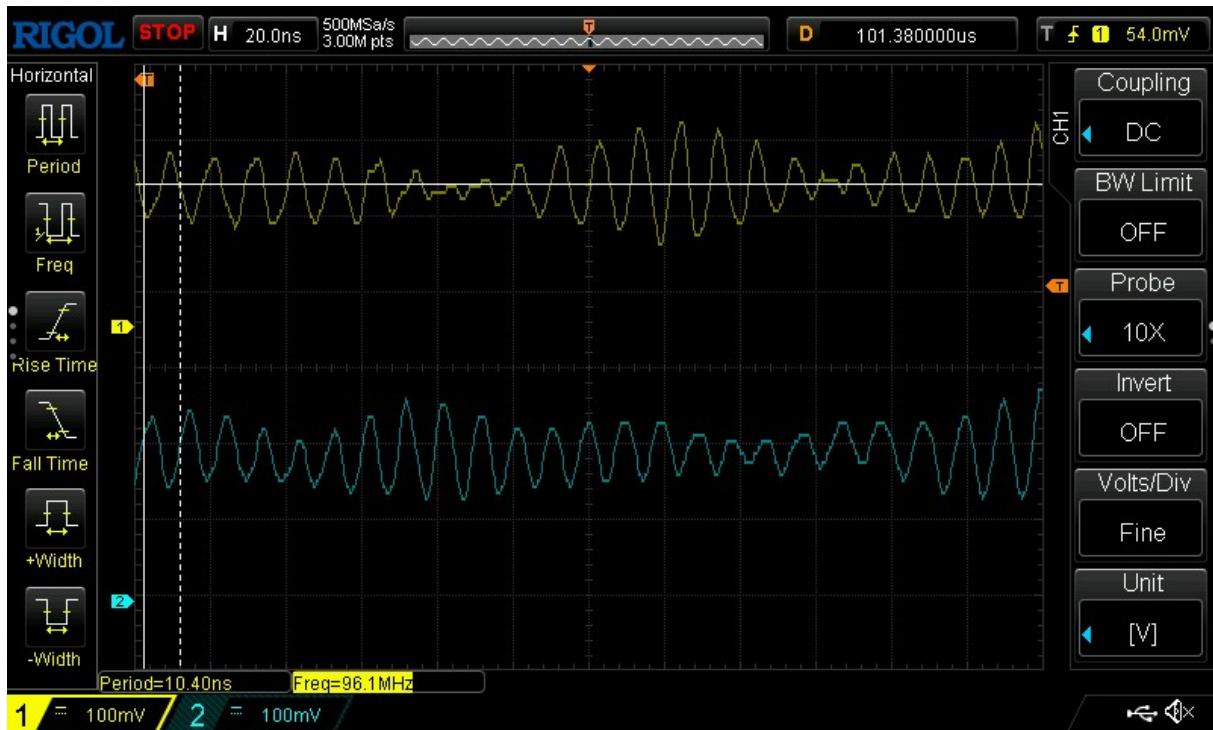
Raziskovalna naloga: Hitrost električnega signala, umetna inteligenca in socialna omrežja

Graf smo povečali na časovni osi tako, da je en razdelek na osciloskopu predstavljal 1 μ s. Iz grafov je bilo zaradi motenj še vedno nemogoče razpozнатi časovni zamik napetosti med virom in porabnikom.



Slika 8: Graf napetosti v odvisnosti od časa ($dt = 1\mu s$) (lasten vir)

Odločili smo se, da signal pogledamo podrobneje.



Slika 9: Graf napetosti v odvisnosti od časa ($dt = 20 \text{ ns}$) (lasten vir)

3.5 Razlaga

Frekvenca signala je 96,1 Mhz. Sklepali smo, da je signal, ki ga opazujemo, radijski signal, najverjetneje radijske postaje HRT 3, ki ima frekvenco 96,1 MHz. Radijski signal so sprejele bakrene žice in ga preko merilnih sond propagirale do osciloskopova. Ker je jakost signala, ki ga generira osciloskop, le nekajkrat večji od motenj, ki jih povzročijo radijski signali, je taka meritev neuporabna.

3.6 Sklep

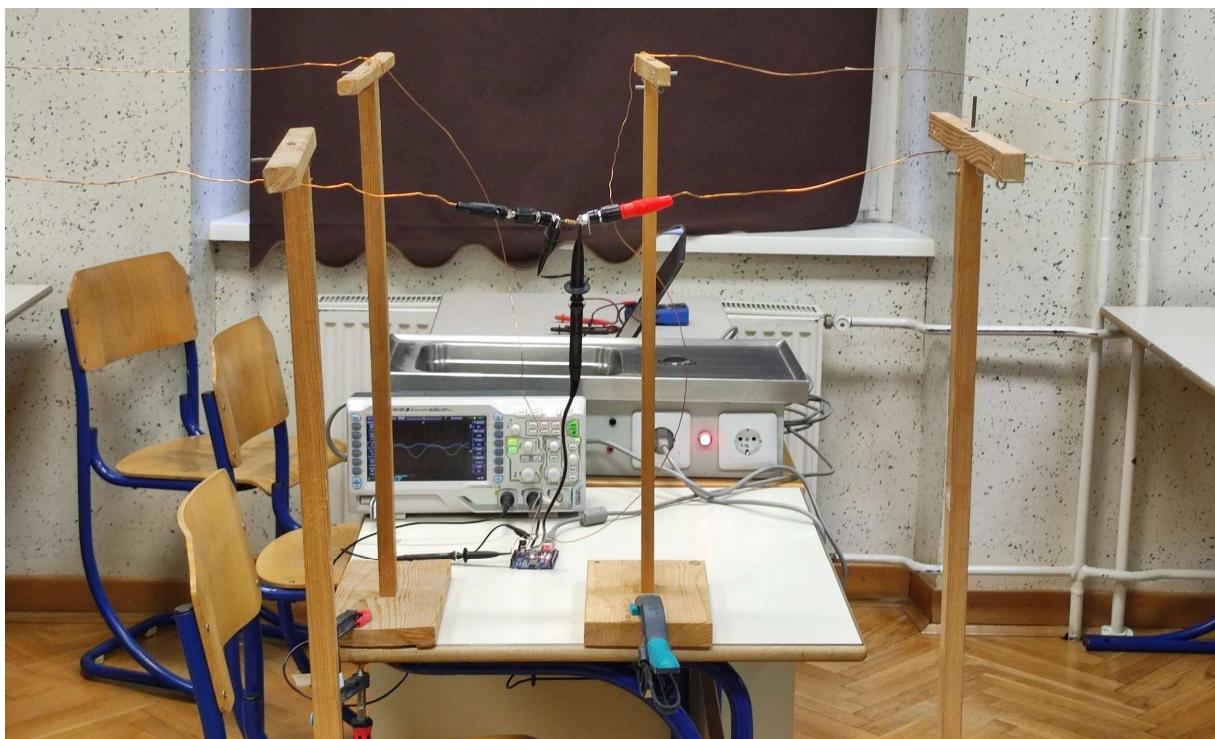
Uporabiti moramo vir napetosti, ki je za več redov velikosti večji od motenj, ki nastanejo zaradi sprejema radijskih signalov.

Chat GPT nas je bodisi:

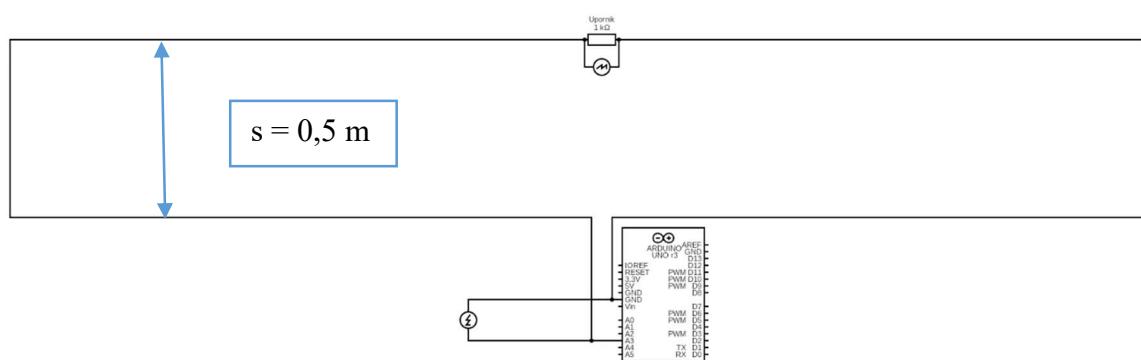
- nemameno zavedel z neupoštevanjem vseh dejavnikov, ki vplivajo na eksperiment,
- sklepal, da eksperiment izvajamo v Faradejevi kletki,
- sklepal, da je mogoče izhodno napetost, ki jo generira osciloskop, povečati do te mere, da je vpliv radijskih signalov zanemarljiv.

4. POSKUS: NAPETOST NA VIRU IN NAPETOST NA PORABNIKU

Pri tem poskusu smo se odločili, da kot vir signala uporabimo Arduino Uno. Merili smo napetost na viru (Arduino Uno) in napetost na porabniku/uporabniku ($R=1005 \Omega$) ter časovno razliko med vrhovi grafov napetosti. Kot meritnik napetosti smo uporabili osciloskop RIGOL DS-1202. Kot vodnik smo uporabili dve desetmetrski bakreni žici premora 1 mm. Vodnik je iz ptičje perspektive tvoril obliko pravokotnika $4,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$. Dve desetmetrski bakreni žici sta električni krog sklenili z upornikom ($R = 1005 \Omega$).



Slika 10: Postavitev eksperimenta (lasten vir)



Slika 11: Shema električnega vezja za merjenje signala na viru in porabniku (lasten vir)

4.1 Pripomočki

- 20 m bakrene žice,
- vezni elementi za žico,
- nosilci za žico,
- upornik,
- Arduino Uno,
- računalnik,
- osciloskop.

4.2 Program za Arduino:

```
// Project Merjenje hitrosti električnega toka - Arduino kot generator napetosti

void setup() {
    pinMode(6, OUTPUT); // nastavitev izhodnega pina za generiranje signala
    Serial.begin(9600); // Serial Monitor
    delay (10000); // časovni zamik za pripravo osciloskopa
    analogWrite(6, 128); // PWM 50%
}

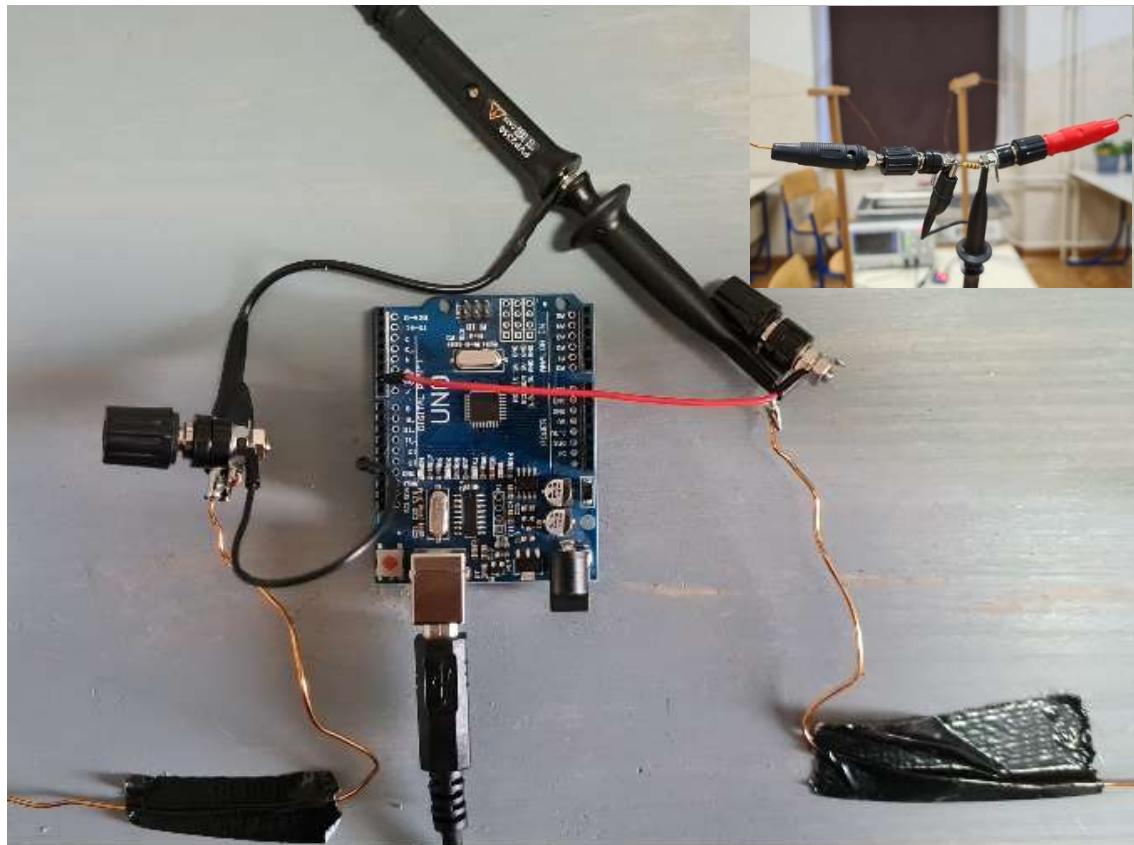
void loop() {
    // Prints the generated frequency on the screen
    Serial.println("the frequency is: 50 Hz");
}
```

4.3 Postopek

Program na Arduino Uno generira kvadratno izmenično napetost frekvence približno 1000 Hz na izhodu 6. Na izhod 6 smo priključili en konec desetmetrske bakrene žice, drugi konec smo povezali z upornikom na eni strani. Drugi kabel dolžine deset metrov smo na eni strani priklopili na konektor Arduina Uno z oznako GND (ozemljitev). Prvo sondu (signal rumene barve) smo

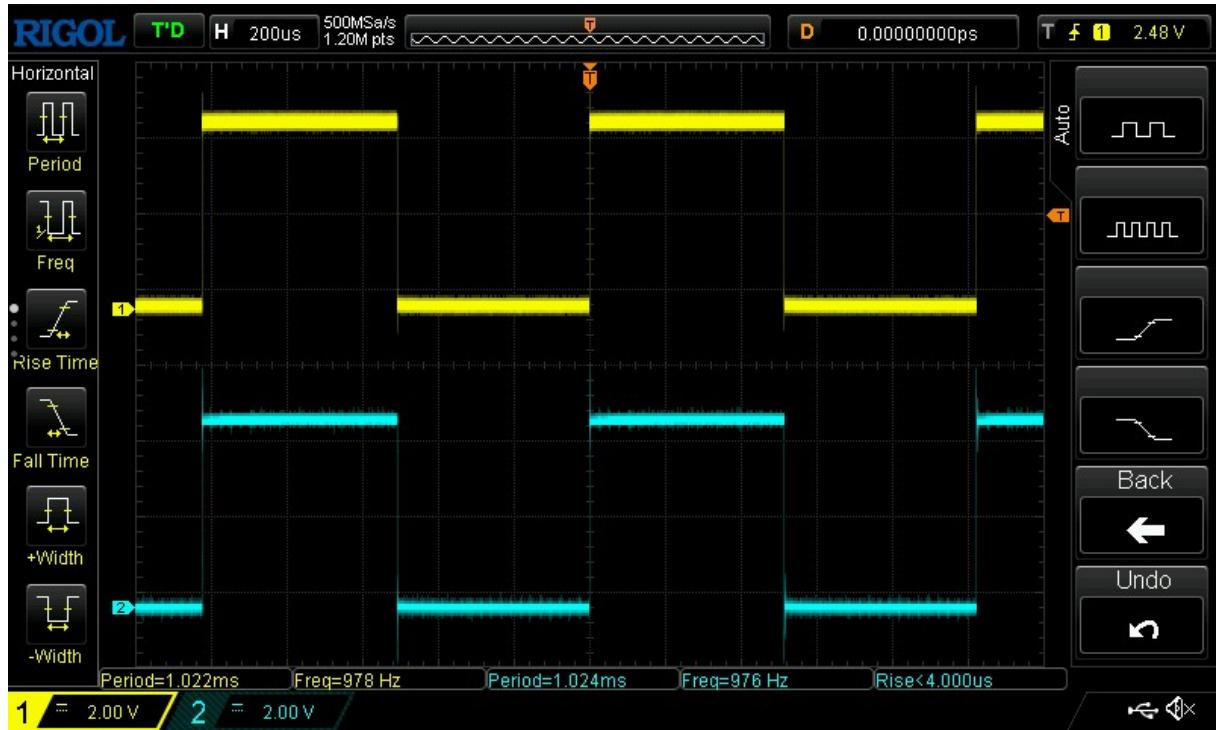
Raziskovalna naloga: Hitrost električnega signala, umetna inteligenca in socialna omrežja

priklopili neposredno na vir napetosti (Arduino Uno, izhod 6 in GND), drugo sondu (signal modre barve) pa na oba priključka upornika ($R = 1005 \Omega$, signal in ozemljitev). Glej slike spodaj!



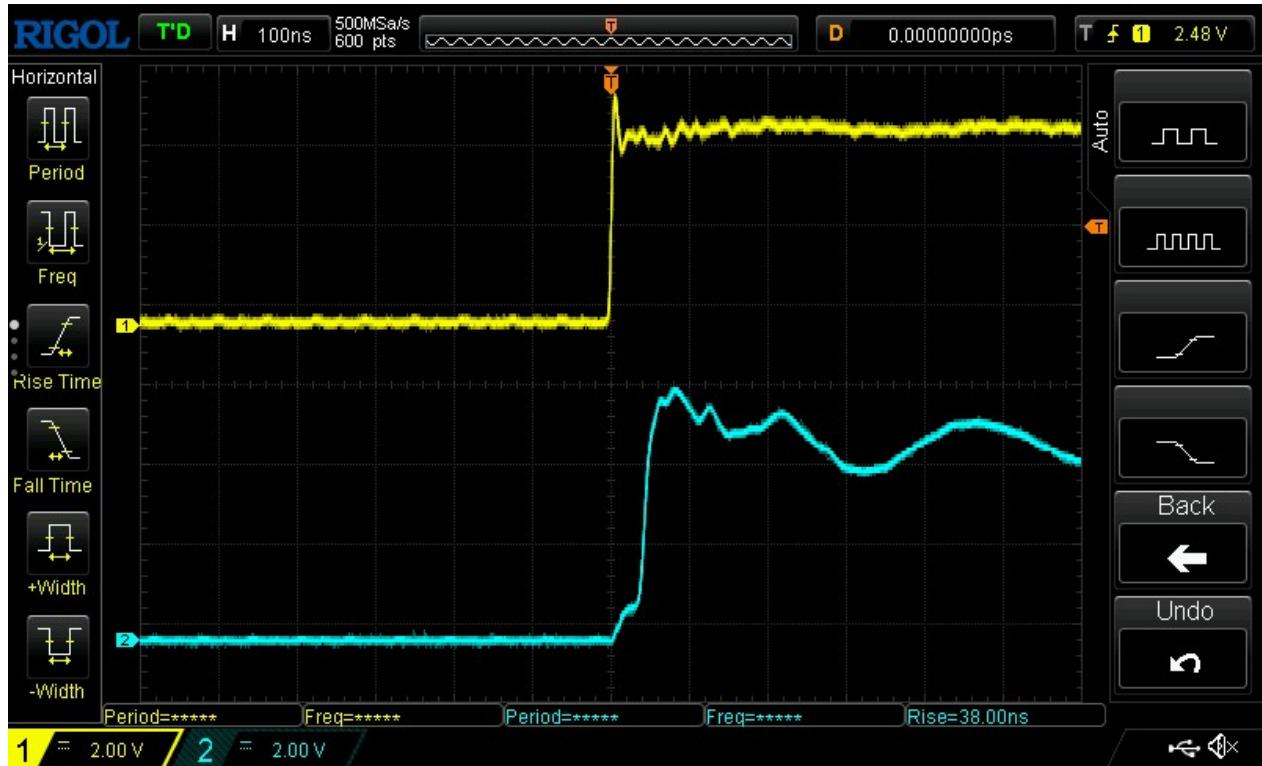
Slika 12: Arduino Uno in upornik z vsemi priključki (lasten vir)

4.4 Rezultati



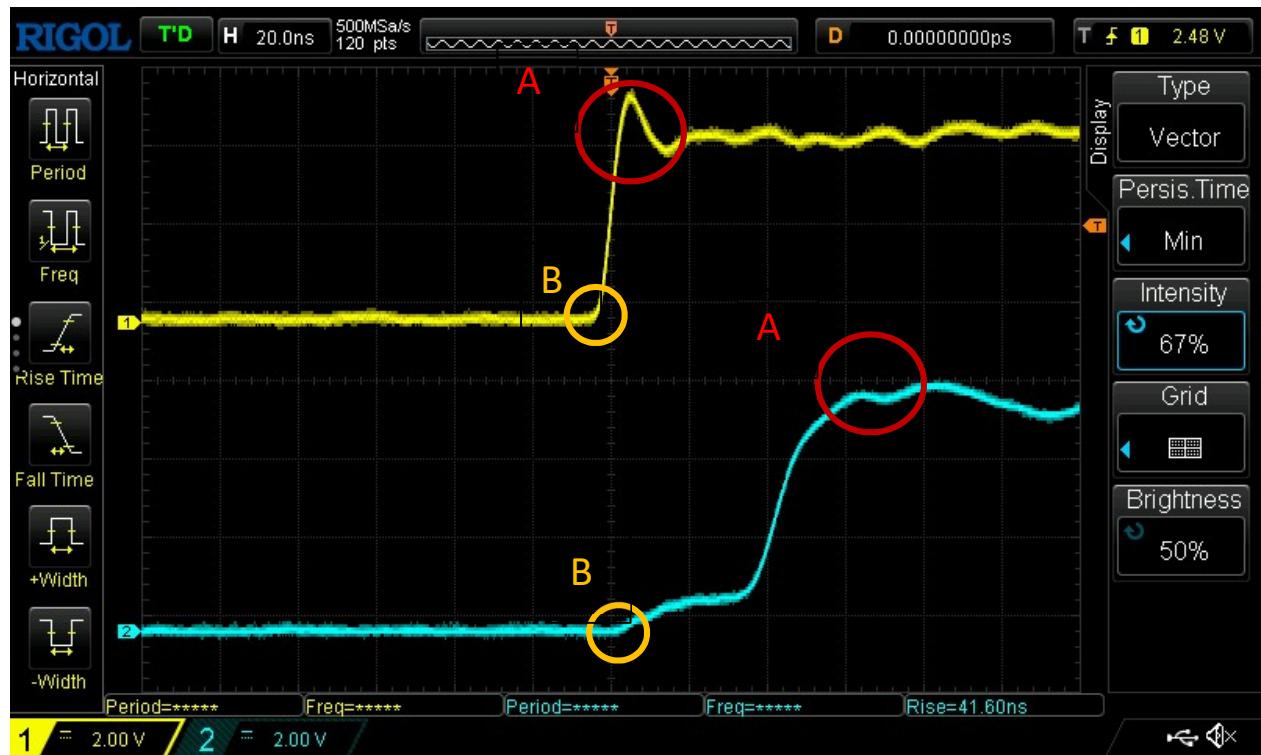
Slika 13: Začetna slika na osciloskopu ($dt = 200 \mu\text{s}$) (lasten vir)

Z zgornjo sliko si ne moremo pomagati zaradi prevelike časovne periode, zaradi tega smo graf napetosti raztegnili po časovni osi.



Raziskovalna naloga: Hitrost električnega signala, umetna inteligenca in socialna omrežja

Slika 14: Graf napetosti v odvisnosti s časom ($dt=100\mu s$) (lasten vir)



Slika 15: Graf napetosti v odvisnosti s časom ($dt=20ns$) (lasten vir)

Opažamo, da vrh signala (območje označeno z rdečo barvo in črko A) na porabniku zaostaja za vrhom signala na viru, in sicer za tri razdelke mreže na osciloskopu, kar predstavlja približno 60 ns.

$$t_1 = 60 \text{ ns}$$

$$s_1 = 10m$$

$$v_s = \frac{s_1}{t_1} = \frac{10m}{0,00000006 \text{ s}} = 166666666,6 \frac{m}{s}$$

Hitrost svetlobe znaša 300000 km/s, kar je tudi največja možna hitrost v vesolju za nematerialne delce, torej delce brez mase. Vrh našega signala (oznaka A na sliki zgoraj) je potoval s hitrostjo 166666666,6 m/s, ker je malo več kot polovica svetlobne hitrosti.

Opažamo pa, da napetost naraste že prej (območje označeno z rumeno barvo in črko B). Na osciloskopu razberemo, da napetost na porabniku do določene mere (približno 10 %) naraste že po enem časovnem razdelku na (zadnji sliki iz osciloskopa), kar pomeni približno 20 ns. Zanima nas, s kolikšno hitrostjo se je signal prenesel.

$$dt \geq 20 \text{ ns}$$

$$s = 10 \text{ m}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{10 \text{ m}}{0,00000002 \text{ s}} = 500000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Če se je signal prenesel po žici, pomeni, da je hitrost signala znašala 500000000 m/s, kar je občutno več kot svetlobna hitrost. Če nismo pretrgali tkanine vesolja in povzročili razpada vzročnosti, lahko sklepamo, da se signal ni prenašal po žici.

Porabnik je bil od vira napetosti oddaljen približno 50 cm. Ali je mogoče, da se je signal prenesel brezžično? Izračunajmo

$$s = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

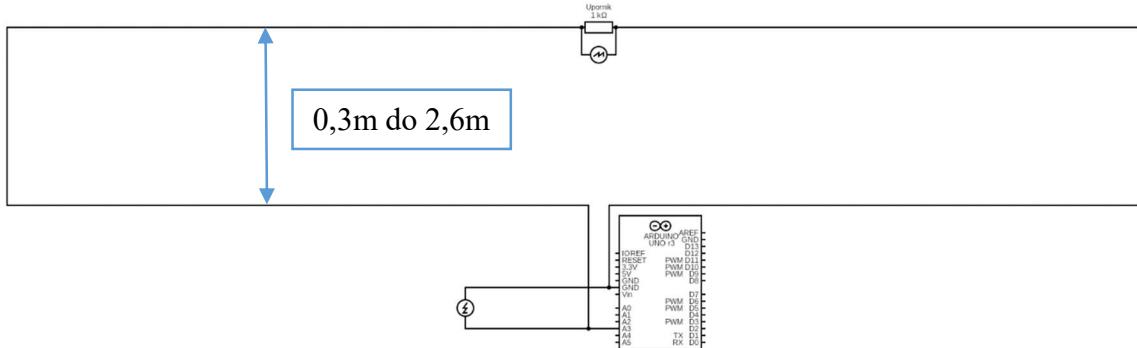
$$t_2 = 20 \text{ ns}$$

$$v_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{0,5 \text{ m}}{0,00000002 \text{ s}} = 250000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Signal oz. električna energija se je prenesla s hitrostjo $250000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, kar kar pomeni, da signal ni mogel potovati po 10 metrov dolgi žici. Signal se je prenesel brezžično z nekoliko zamude.

5. POSKUS: SPREMINANJE RAZDALJE MED VIROM NAPETOSTI IN PORABNIKOM

Tudi pri tem poskusu smo merili napetost oz. opazovali graf napetosti v odvisnosti od časa na viru (Arduino Uno) in na porabniku (upornik $R=1005 \Omega$) ter časovno razliko med vrhovi grafa napetosti. Uporabili smo polynom enako postavitev opreme in merilnikov kot v prejšnjem poskusu, le da smo spremajali zračno razdaljo med virom napetosti in porabnikom. Pri tem smo bili omejeni z dolžino sond osciloskopa. Če je bil osciloskop med virom napetosti in porabnikom, smo lahko dosegli maksimalno oddaljenost 2,6 m. Minimalna razdalja med virom in porabnikom je znašala 30 cm.



Slika 16: Shema električnega vezja z Arduino Uno (lasten vir)

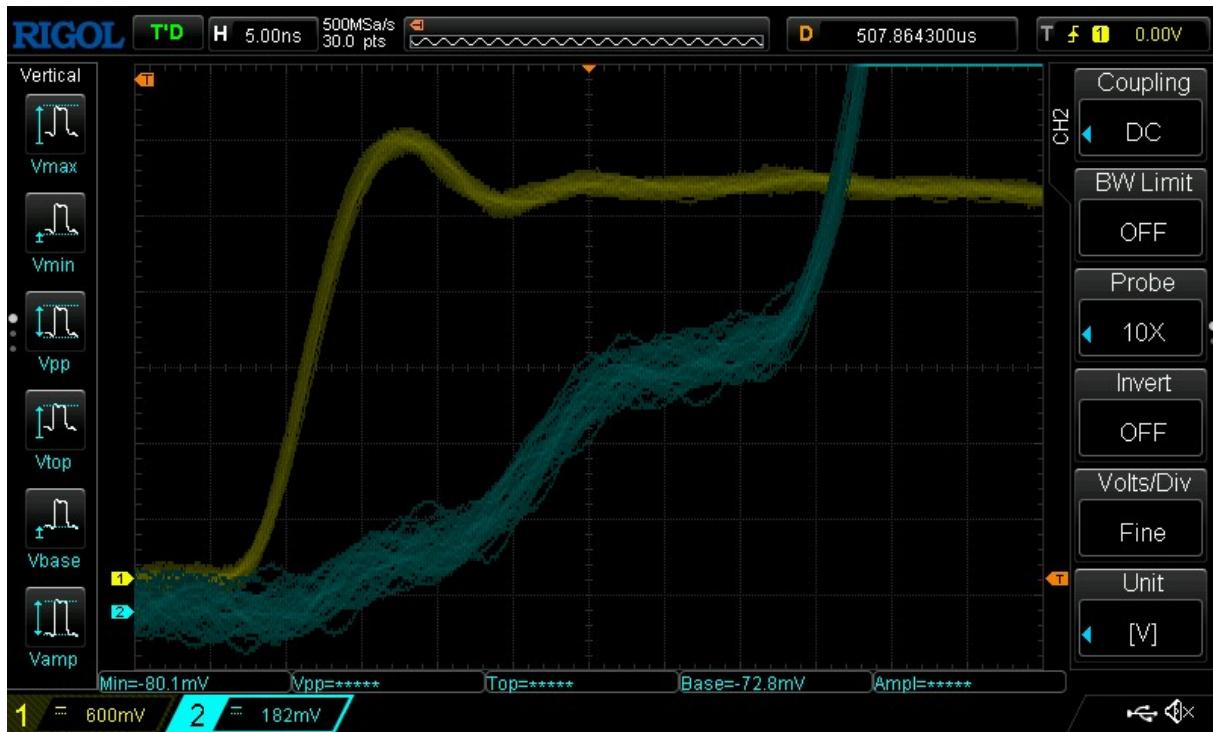
5.1 Priporočki

- 20 m bakrene žice,
- vezni elementi za žico,
- nosilci za žico,
- upornik,
- Arduino Uno,
- računalnik,
- osciloskop.

Tudi v tem in vseh naslednjih poskusih smo uporabili isti program za generiranje signala kot v prejšnjem poskusu.

5.2 Postopek

Najprej smo vir in porabnik postavili na razdaljo tridesetih centimetrov in opazovali, kaj se dogaja z napetostjo na viru in porabniku.



Slika 17: Graf napetosti v odvisnosti s časom za oddaljenost 50 cm. (lasten vir)

Kot lahko razberemo iz slike osciloskopa, naraščanje napetosti opazimo po eni polovici časovne periode, kar znaša 2,5 ns.

$$t_1 = 2,5 \text{ ns}$$

$$c_1 = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s_1 = c \cdot t = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,5 \text{ ns} = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,5 \cdot 10^{-9} \text{s} = 0,75 \text{ m}$$

Če je signal potoval po praznem prostoru, bi pričakovali, da nam to potrdi tudi izračun. Signal smo torej pričakovali prej.

Razdaljo med virom in porabnikom smo nato povečali na tri metre. Ob tem nismo spremenjali drugih parametrov poskusa.

Kakšne rezultate lahko pričakujemo smo povprašali umetno inteligenco.

Vprašanje za Chat-GPT

Ali je hitrost električnega signala odvisna samo od dolžine žic ali tudi od oddaljenosti porabnika?

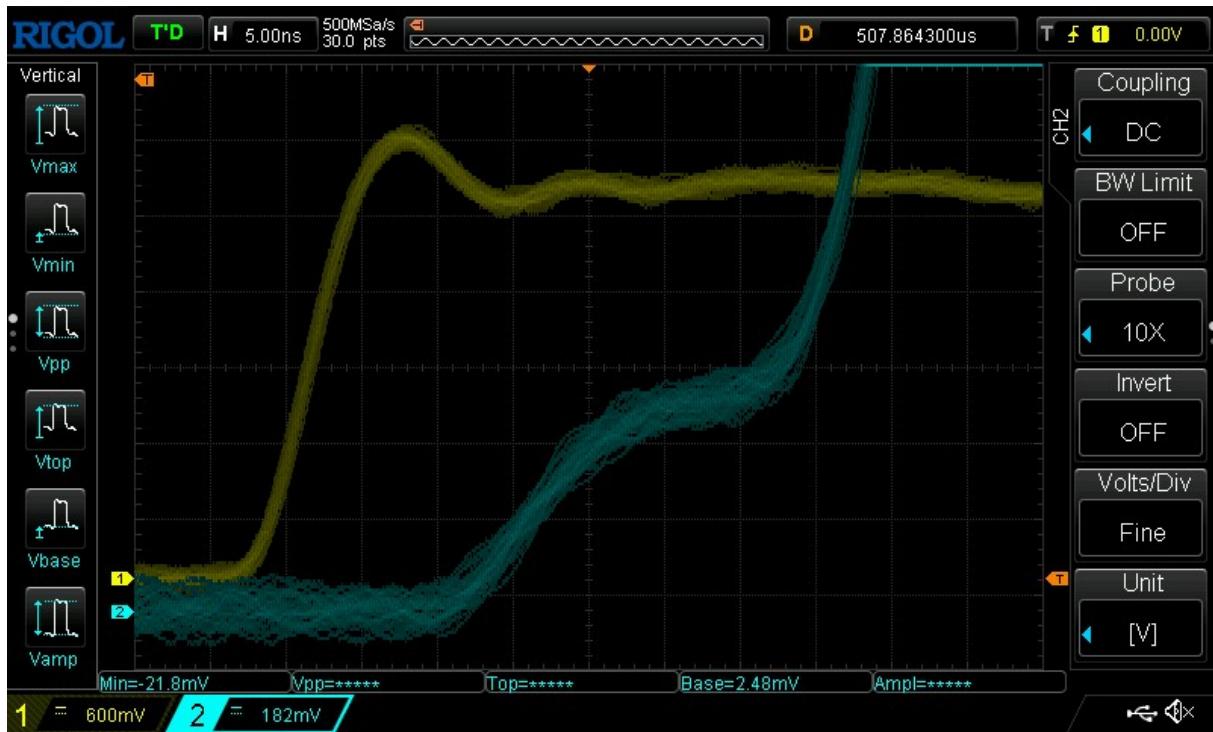
Odgovor umetne inteligence

Hitrost električnega signala je odvisna od več dejavnikov, vključno z dolžino žic in oddaljenostjo porabnika.

Dolžina žic lahko vpliva na hitrost propagacije električnega signala, saj signal potuje skozi žico z določeno hitrostjo. Dolžina žice lahko vpliva na čas potovanja signala skozi žico, ki je odvisen od hitrosti propagacije signala.

Oddaljenost porabnika pa lahko vpliva na hitrost propagacije signala zaradi električnih in elektromagnetnih motenj, ki se pojavijo, ko signal potuje skozi prostor. Na primer, elektromagnetno sevanje okoliških naprav, kot so televizijski sprejemniki, radijski sprejemniki in drugi elektronski sistemi, lahko vplivajo na signal, ki potuje skozi prostor.

Za natančno merjenje hitrosti električnega signala, je potrebno upoštevati vse te dejavnike in prilagoditi postavitev žic in porabnikov, tako da se zmanjšajo motenja in izgube signala.



Slika 18: Odvisnost napetosti od časa za maksimalno razdaljo (kablov)

Iz slike lahko razberemo, da napetost na porabniku narase pozneje kot v prejšnjem primeru, in sicer po dveh in pol časovnih periodah osciloskopa, kar znaša 15 ns.

$$t_2 = 15 \text{ ns}$$

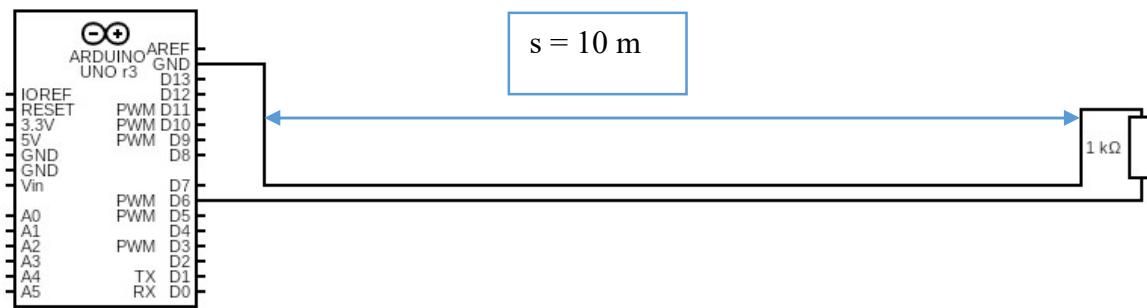
$$c = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s_2 = c \cdot t_2 = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 15 \text{ ns} = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 15 \cdot 10^{-9} \text{s} = 4,5 \text{ m}$$

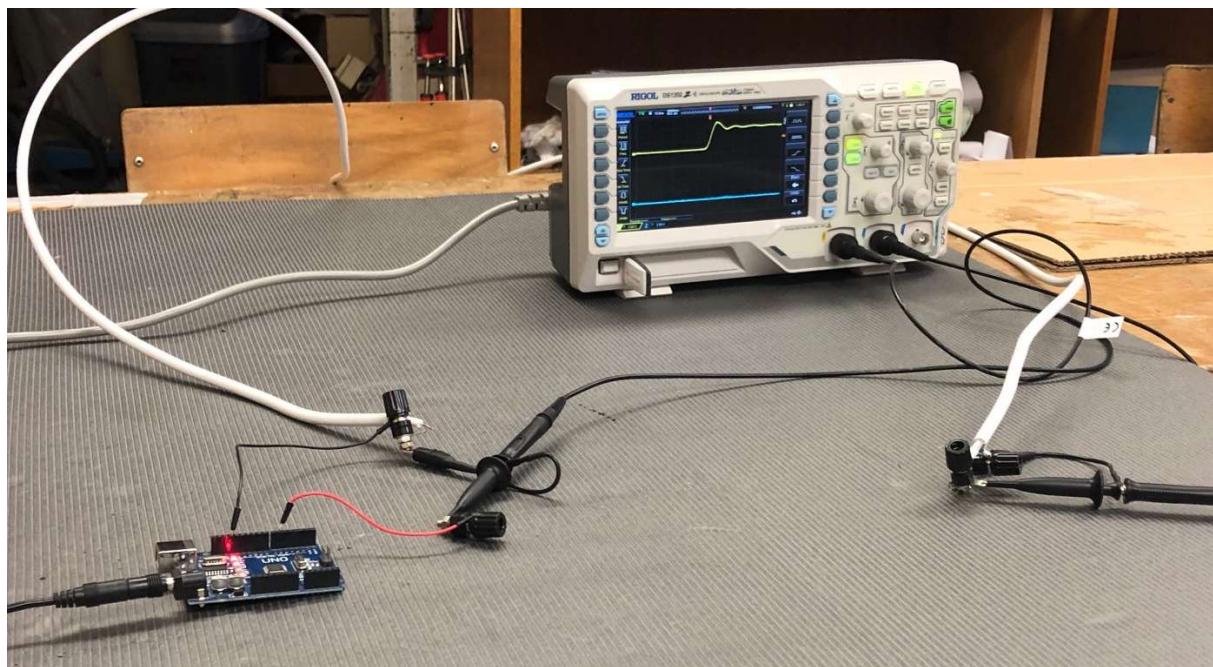
Tudi tokrat nas je rezultat nekoliko presenetil. Pričakovali smo, da se bo izračunana razdalja potovanja signala ujema z izmerjeno razdaljo oddaljenosti žic. Kljub temu lahko opazimo, da je napetost na porabniku narasla pozneje kot v primeru, ko je bila razdalje med virom in porabnikom manjša. Dvomimo, da so na rezultate vplivale zunanjé motnje, kot trdi umetna inteligenca. Menimo, da je prvi dvig napetosti posledica spreminjačega električnega polja v žicah, priklopljenih na vir napetosti. Ali je temu res tako lahko preverimo z uporabo koaksialnega kabla, ki ne prepušča električnega polja. Če pri uporabi koaksialnega kabla ne bomo opazili prvega dviga napetosti na porabniku, lahko sklepamo, da se električna energija od vira do porabnika ni prenesla preko električnega in magnetnega polja.

6. POSKUS: MERJENJE HITROSTI SIGNALA S KOAKSIALNIM KABLOM

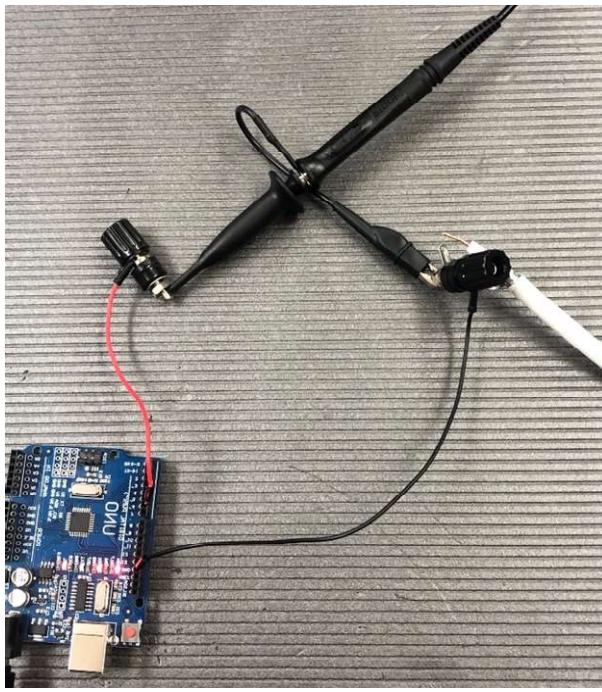
Pri tem poskusu smo uporabili 10 metrov koaksialnega kabla. Pin 6 na Arduino uno smo povezali z notranjo žico koaksialnega kabla, GND pa z zunanjim ovojem.



Slika 19: Shema električnega vezja. Vzporedni žici predstavljata koaksialni kabel. (lasten vir)



Slika 20: Postavitev eksperimenta (lasten vir)



Slika 21: Vezava sonde na vir napetosti (lasten vir)

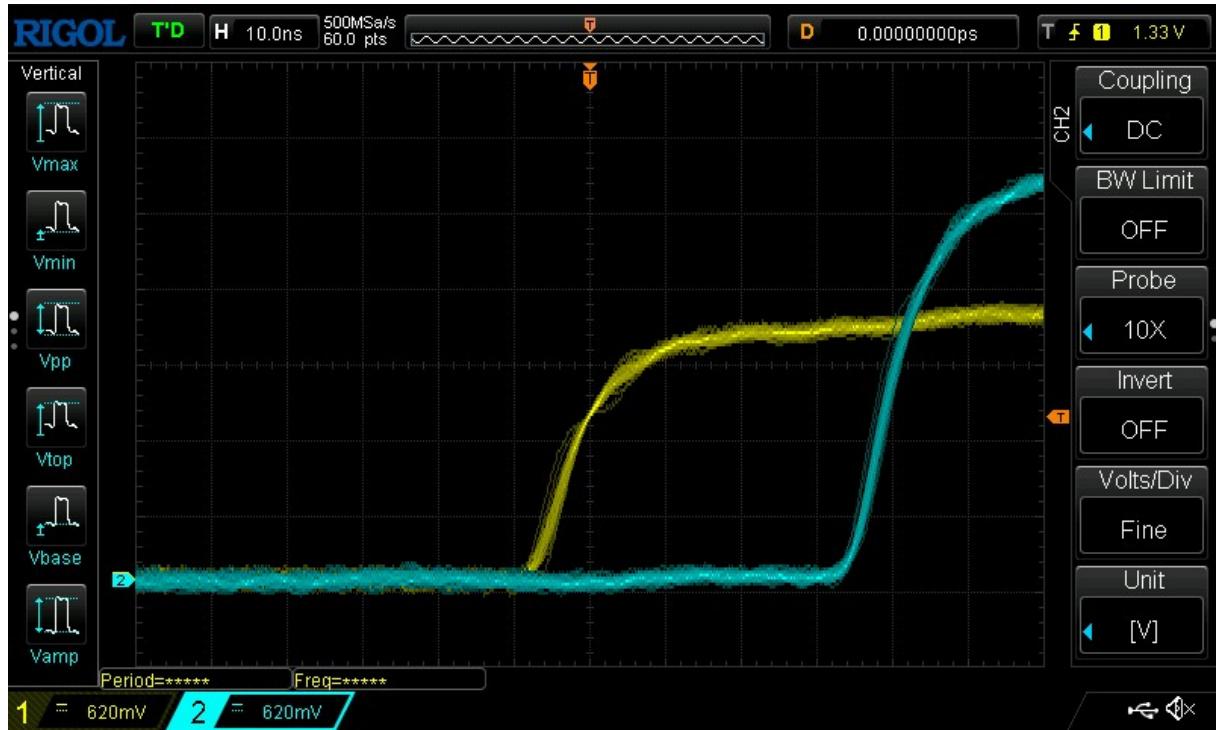


Slika 22: Vezava sonde na porabik (upornik) (lasten vir)

6.1 Pripravki

- 10 m koaksialnega kabla,
- vezni elementi za žice,
- nosilci za žico,
- upornik,
- Arduino Uno,
- računalnik,
- osciloskop.

6.2 Rezultati



Slika 23: Graf napetosti v odvisnosti od časa za 10 metrski koaksialni kabel (lasten vir)

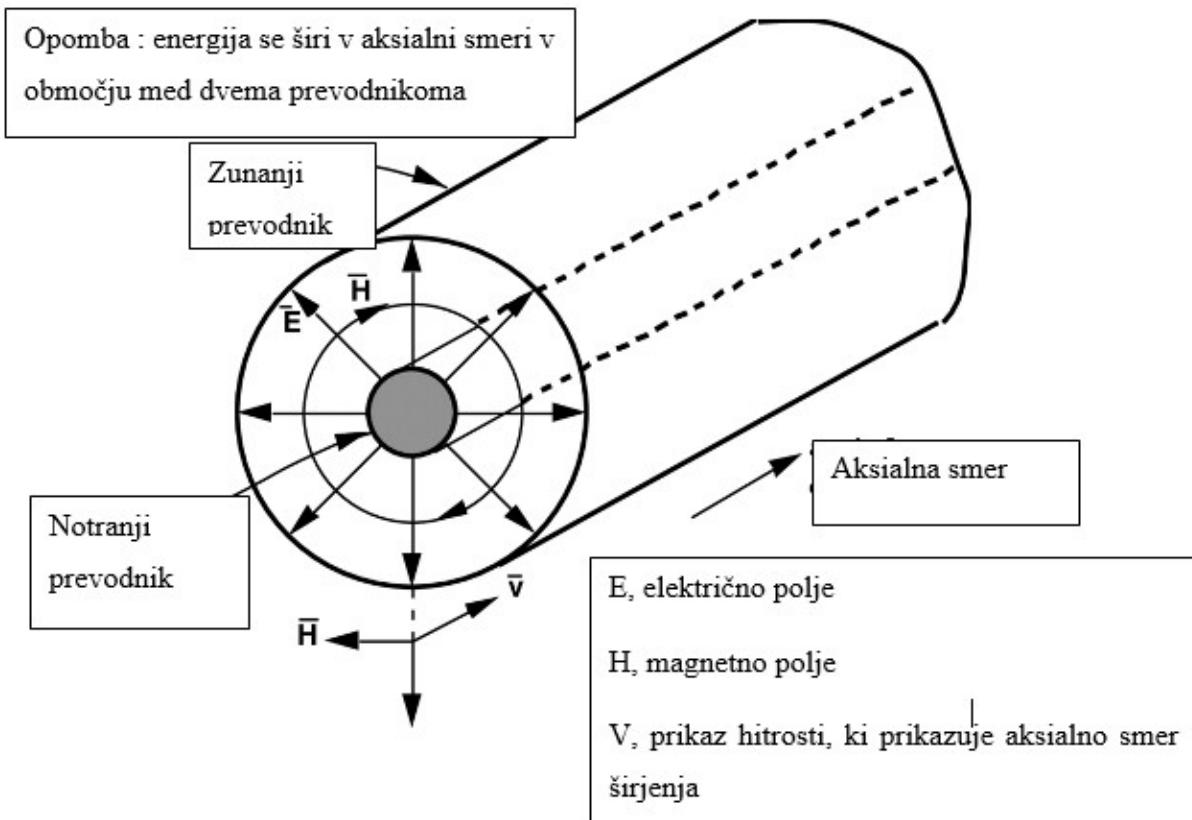
Signal na porabniku zaostane za 40 ns.

$$t = 40 \text{ ns}$$

$$v = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s = v \cdot t = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 40 \text{ ns} = 300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 40 \cdot 10^{-9} \text{s} = 12 \text{ m}$$

Pri uporabi koaksialnega kabla ne opazimo, da bi se del energije prenesel preko električnega polja. Iz tega sklepamo, da se okoli koaksialnega ne tvori električno polje, ki bi vplivalo na porabnik. V koaksialnem kablu se električno polje ustvari med notranjo žico in zunanjim prevodnim plaščem, ne sega pa izven koaksialnega kabla.



Slika 24: sestava koaksialnega kabla (https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-coaxial-cable-showing-radial-E-field-and-circumferential-H-field_fig1_265238671 16.2.2023,

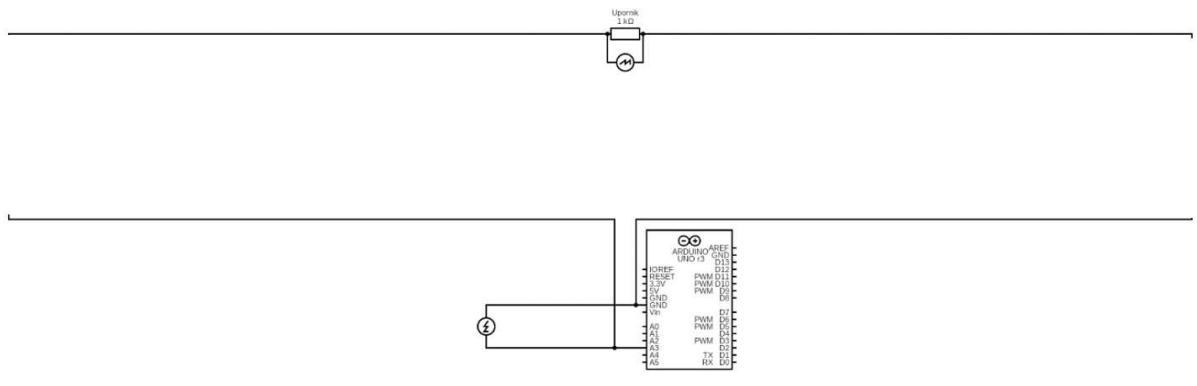
Izračun je pokazal, da je hitrost signala, ki potuje po žici, nekoliko manjša kot svetlobna hitrost. V realnosti smo porabili 10 metrov koaksialnega kabla, izračun z uporabo svetlobne hitrosti pa rezultira dolžino kabla 12 m. Iz teh podatkov lahko izračunamo dejansko hitrost širjenja signala po koaksialnem kablu. Razmerje realne dolžine kabla in izračunane dolžine kabla je namreč enako razmerju med realno hitrostjo signala in svetlobno hitrostjo.

$$\frac{10 \text{ m}}{12 \text{ m}} = \frac{v_{\text{signala}}}{c} \Rightarrow v_{\text{signala}} = \frac{c \cdot 10 \text{ m}}{12 \text{ m}} = 250000000 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,83 c$$

Signal se v našem primeru po koaksialnem kablu propagira s 83 % svetlobne hitrosti.

7. POSKUS: PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJEV NEPOVEZANEM ELEKTRIČNEM KROGU

V tem poskusu smo se žeeli prepričati, da se pri uporabi bakrene žice del energije prenese tudi, če električni krog ni sklenjen. Tudi tokrat smo uporabili dvakrat deset metrov bakrene žice, le da smo žice na sredini prerezali.



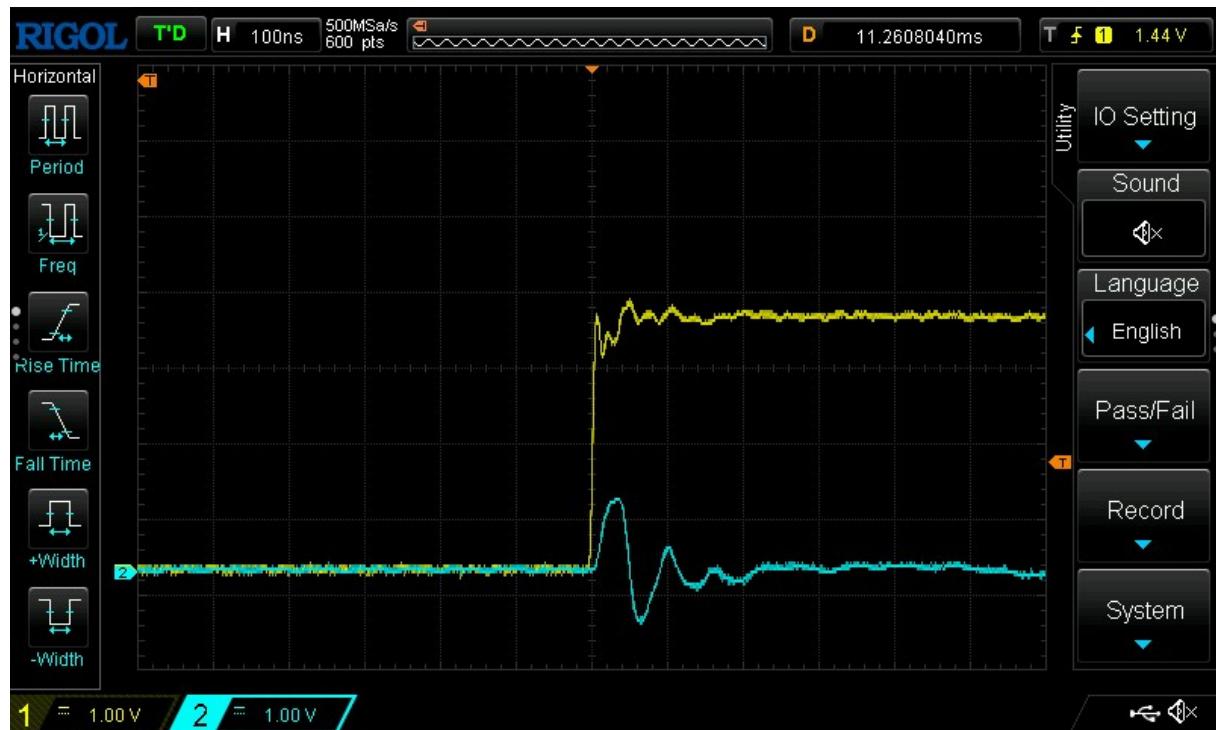
Slika 25: Shema vezave prekinjenega električnega kroga (lasten vir)

7.1 Pripomočki

6.1 Pripomočki

- 2 x 10 m bakrene žice,
- vezni elementi za žice,
- nosilci za žico,
- upornik,
- Arduino Uno,
- računalnik,
- osciloskop.

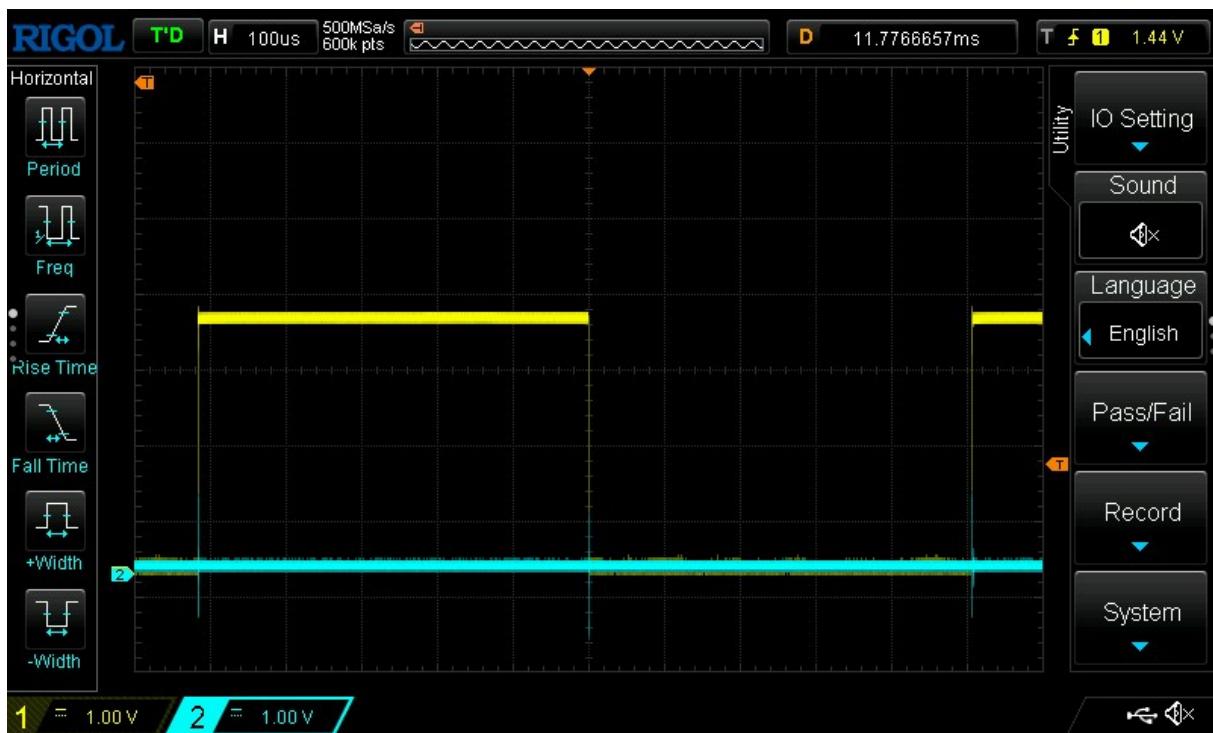
7.2 Rezultati



Slika 26: Odvisnost napetosti očasa v prekinjenem električnem krogu (začetek signala) (lasten vir)



Slika 27: Odvisnost napetosti očasa v prekinjenem električnem krogu (konec signala) (lasten vir)



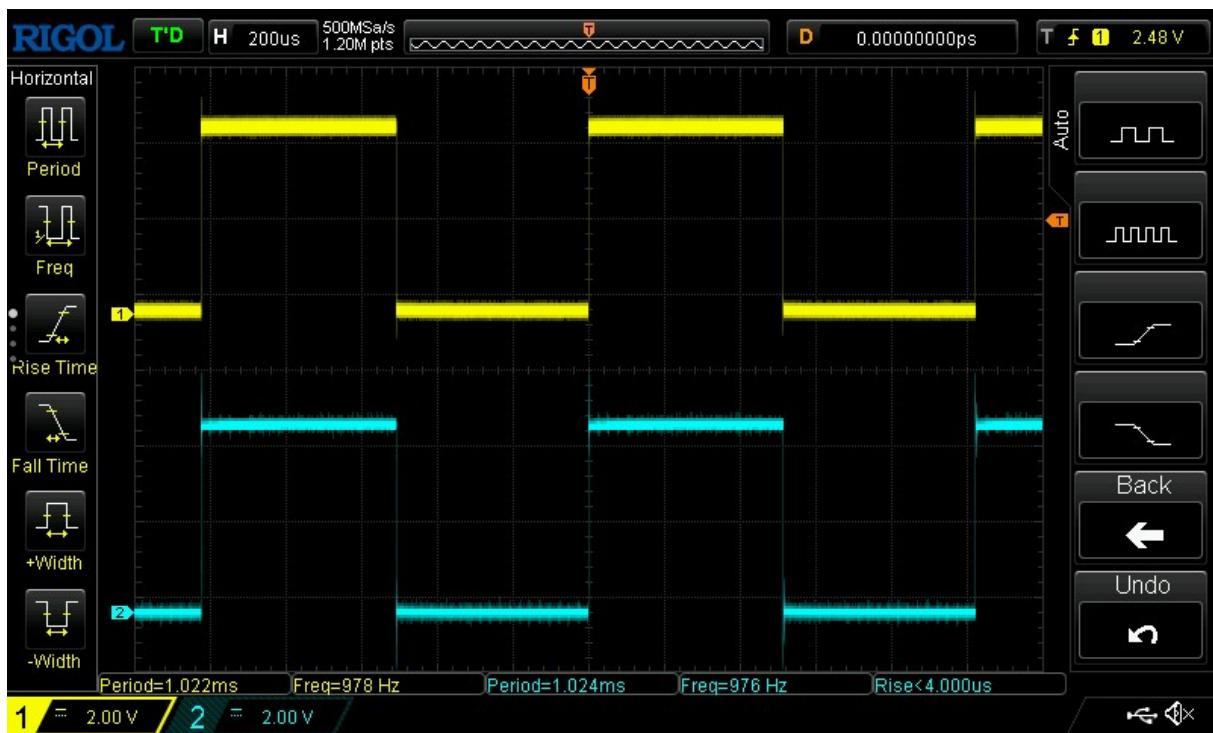
Slika 28: Odvisnost napetosti očasa v prekinjenem električnem krogu (cela perioda signala) (lasten vir)

V tem poskusu opažamo, da napetost na porabniku zaniha v trenutku, ko se napetost na viru spreminja, torej takrat, ko narašča in takrat, ko pada. Zelo mali delež energije se prenese tudi, če električni krog ni povezan. Spremembo napetosti na porabniku opazimo le nekaj nanosekund po vklopu in izklopu signala na viru, torej v časovnem obdobju, ko napetost narašča ali pada.

7.3 Razlaga

Ko napetost na viru narašča, narašča tudi električno polje okoli vodnika. Spreminjajoče električno polje povzroča nastanek spremenljajočega magnetnega polja okoli vodnika, ki sega tudi do porabnika. Spreminjajoče magnetno polje inducira napetost na žicah, ki so povezane s porabnikom, kot posledico pa opažamo naraščanje in padanje napetosti na porabniku.

Delež energije, ki se prenese ob uporabi signala kvadratne oblike, je zelo majhen. Če bi želeli brezžično prenesti več energije, bi morali uporabiti signal, ki se ves čas spreminja npr. Signal sinusne oblike.



Slika 29: Odvisnost napetosti o času v povezanim električnim krogom (cela perioda signala) (lasten vir)

Če primerjamo sliko zgoraj, ki prikazuje napetost na viru in porabniku ob sklenjenem električnem krogu, s sliko signala pri prekinjenem električnem krogu, lahko opazimo, da napetost in s tem tudi električni tok na porabniku sledi napetosti na viru.

Električna energija, ki jo prenesemo od vira do porabnika, je premo sorazmerna z napetostjo, tokom in časom.

Električnega toka nismo merili v nobenem od poskusov. Ker nam je upornost porabnika znana ($R = 1005 \Omega$), lahko tok po Ohmovem zakonu izračunamo iz napetosti in upora.

$$I = \frac{U}{R}$$

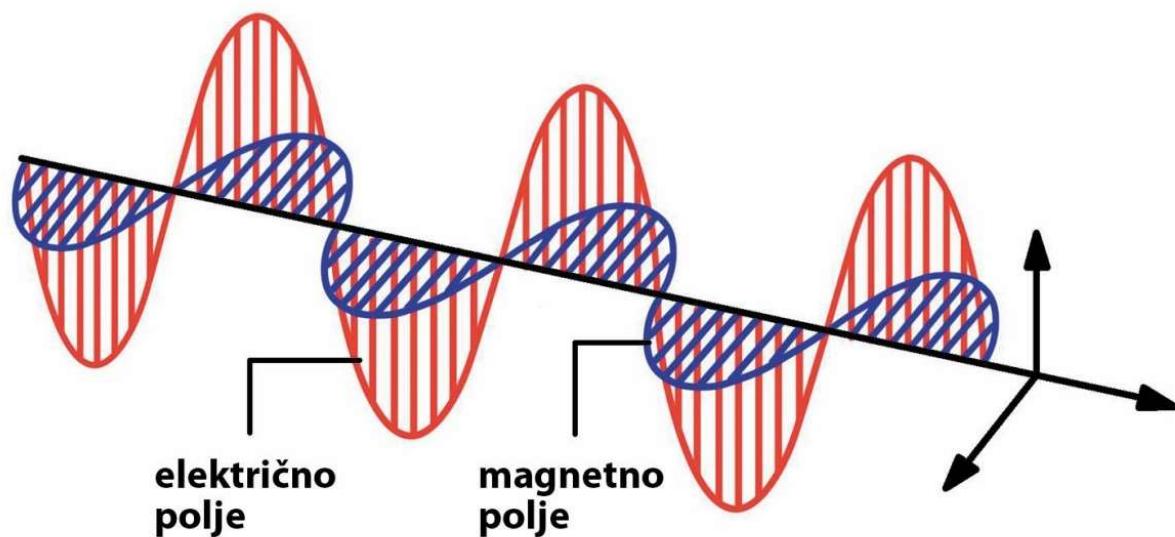
$$W_e = U \cdot I \cdot t$$

Vrednosti električne energije sicer nismo računali, ker to ni predmet naše raziskovalne naloge. Glede na zelo male spremembe napetosti na porabniku pa lahko sklepamo, da se pri prekinjenih žicah prenese neuporabno malo energije, kar je v nasprotju s tem, kar trdi dr. Derek Muller v videu »How Electricity Actually Works« med devetnjastro in enaindvajseto minuto. Dr. Derek

Muller ni naredil poskusa s prekinjenimi žicami, da bi lahko opazil, da se napetost na porabniku neha spremenjati že po nekaj nanosekundah. S prikazom žarnice, ki gori med njegovim dolgim govorom in demonstrira električno moč, ki se prenaša brezžično, nas je nenamerno zavedel v sklep, da se brezžično prenaša praktično uporaben delež električne energije.

Ne glede na to, da smo eksperimentalno ugotovili, da se čas signala podaljšuje z oddaljenostjo vira od porabnika tudi ob uporabi isto dolgih žic, se izračuni potovanja električnega in magnetnega polja neposredno med virom in porabnikom ne skladajo z meritvami oddaljenosti z uporabo navadnega metra. Pri vseh poskusih opažamo, da izračunana vrednost razdalje presega dejansko. Predvidevamo, da pride do zamude zaradi časa, ki je potreben, da se električni naboj propagira po žicah do te mere, da lahko električno polje narašča dovolj hitro, da sprememba magnetnega polja inducira napetost na strani porabnika.

Električno in magnetno polje sta povezana, kot kaže slika spodaj. Če se električno polje ne spreminja, se magnetno polje ne tvori, posledično ne moremo pričakovati, da se bo na strani porabnika inducirala napetost.



Slika 30: Elektromagnetno polje, <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/190/index.html>, 23.3.2023

8. DRUŽBENA ODGOVORNOST

8.1 Električno in magnetno polje

Pri izdelavi raziskovalne naloge smo ugotovili, da se delež električne energije pri uporabi izmenične napetosti, prenaša tudi brezzično preko spreminjačočega elektromagnetskega polja. Iz drugih raziskav in nenazadnje uporabe mikrovalovne pečice vemo, da elektromagnetno polje vpliva tudi na ljudi in živali. Iz tega lahko sklepamo, da je te informacije treba vzeti v zakup pri gradnji električnih omrežij, radijskih oddajnikov, tiskanih vezij ipd.

8.2 Umetna inteligenca – Chat-GPT

Ugotovili smo, da nam je v tem trenutku Chat-GPT lahko v veliko pomoč pri iskanju odgovorov na znanstvena vprašanja. Glede na to, da je Chat-GPT večkrat napačno ali vsaj površno sklepal, kakšni bodo rezultati poskusov, ocenujemo, da je trenutno pri uporabi umetne inteligence potrebna previdnost, lasten razmislek in nenazadnje lasten preizkus oz. raziskava.

8.3 Socialna omrežja – YouTube

Kakor je umetna inteligenca trenutno trenirana na podlagi premalo informacij, so tudi ljudje, ki ustvarjajo znanstveno vsebino na socialnih omrežjih, včasih premalo podučeni, ne pomislico na vse možnosti ali presodijo, da nekatere informacije zaradi formata podane informacije izpustijo. Za točne informacije se je še vedno dobro obrniti na potrjene učbenike, recenzirane članke in raziskave, saj so dejstva v teh virih preverjena s strani večih strokovnjakov na danem področju.

9. VIRI

- [The Big Misconception About Electricity:](#) (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
dr. Dereka Mullerja: [The Big Misconception About Electricity - YouTube, 16.2.2023](#)
- Električni tok: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu: [http://projlab.fmf.uni-lj.si/arhiv/2003_04/Naloge/izdelki/zarnitka/teorija.htm, 16.2.2023](#)
- Elektronski merilnik hitrosti: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://physics.aps.org/story/v17/st4,16.2.2023](#)
- Hitrost prostih elektronov v žici: (elektronski vir) dostopen na URL
naslovu:[http://schoolphysics.org/age16-19/electricity%20and%20magnetism/current%20electricity/text/Free_electron_motion/index.html, 16.2.2023](#)
- Hitrost odnašanja: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://spark.iop.org/episode-104-drift-velocity, 16.2.2023](#)
- Prevajalnik deepl: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://www.deepl.com/translator, 16.2.2023](#)
- Hitrost svetlobe proti hitrosti elektrike: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://physics.stackexchange.com/questions/358894/speed-of-light-vs-speed-of-electricity, 16.2.2023](#)
- (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:[https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-coaxial-cable-showing-radial-E-field-and-circumferential-H-field_fig1_265238671,16.2.2023](#)
- Monitor: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://www.monitor.si/clanek/pozor-sevanje/167593,16.2.2023](#)
- Radijske postaje v Mariboru: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://radiomap.eu/si/maribor](#)
- ChatGPT: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
[https://chat.openai.com/,16.2.2023](#)
- Učbenik za fiziko 8. razred: FIZIKA+8:učbenik za fiziko v 8.razredu osnovne šole.
Ljubljana: Založba Rokus Klett, d.o.o, 2015
- Učbenik za fiziko 9. razred: FIZIKA+9: učbenik za fiziko v 8.razredu osnovne šole.
Ljubljana: Založba Rokus Klett, d.o.o, 2015

Raziskovalna naloga: Hitrost električnega signala, umetna inteligenca in socialna omrežja

- Elektični tok: (elektronski vir) dostopen na URL naslovu:
<https://eucbeniki.sio.si/fizika9/190/index.html>, 23.3.2023