

Naslov naloge:

PRENOS ZVOKA Z LASERJEM

Področje:

ELEKTROTEHNIKA

Vrsta naloge:

RAZISKOVALNA NALOGA

Dijaki:

Filip Škapin, 2. letnik SPI

Filip Žvokelj, 2. letnik SPI

Matic Kregar, 2. letnik SPI

Mentor: Bojan Vuković

Somentor: Igor Žagar

Leto izdelave naloge: 2023

Ime šole: SŠTS Šiška, Litostrojska cesta 51, Ljubljana

KAZALO

Povzetek	3
Uvod	4
Teoretični del.....	4
Ekperimentalni del	5
Meritve	5
Razprava – ugotovitve.....	9
Zaključek	10
Viri	10

PRILOGE: Naloga ne vsebuje prilog.

Povzetek

Naloga raziskuje, kako izboljšati eksperiment samograditeljske naprave prenosa zvoka z laserjem. Fotocelica se pokaže kot slaba rešitev za laserski sprejemnik. Pri laserskem oddajniku se kot problem izpostavi »laserski modulator«, ki ga sestavljata enosmerni napajalnik in napetost zvočnega signala preko avdio transformatorja.

Ključne besede: laser, avdio transformator, foto celica.

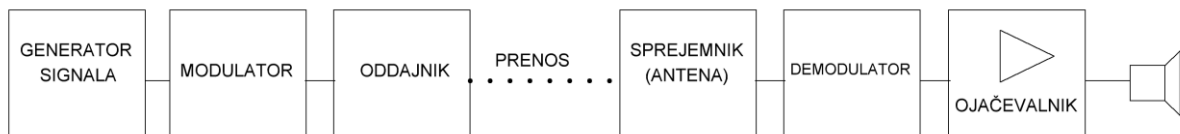
Uvod

Pri pregledovanju eksperimentov in zanimivih inovacij na kanalu YouTube smo opazili eksperiment prenosa zvoka z laserjem [1]. Ker se nam je zadeva zdela zelo zanimiva, smo poskusili tudi sami narediti nekaj podobnega. Večino potrebnega materiala smo naročili po spletu. Prvi poskusi niso bili uspešni, a nam je z uporabo ojačevalnika vseeno uspelo prenesti zvočni signal.

Ko smo naš eksperiment pokazali mentorjema, sta bila oba nad poizkusom sicer navdušena, nad izbrano tehnično rešitvijo pa ne najbolj. V nalogi smo želeli raziskali, kaj bi se pri naši izvedbi laserskega prenosa dalo izboljšati. Naša izvedba se ni dosti razlikovala od zgleda, zato smo predvidevali, da se problem skriva v podrobnostih.

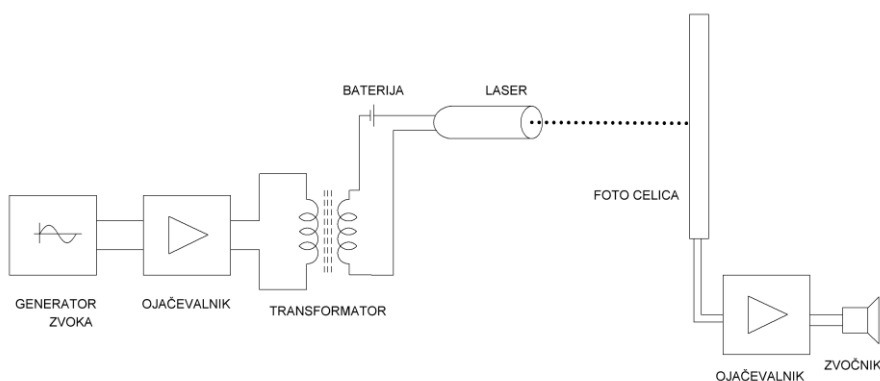
Teoretični del

Najpogosteje se zvok brezžično prenaša z elektromagnetnim valovanjem v področju radijskih frekvenc, zato moramo zvočne frekvence modulirati na radijske frekvence in jih s pomočjo nihajnega kroga oddati. Na drugi strani se v sprejemni anteni inducira šibka napetost. To napetost je potrebno demodulirati in ojačiti.



Slika 1: Blokovna shema oddajnik - sprejemnik

Pri prenosu zvoka z laserjem moramo v bistvu slediti istemu postopku.



Slika 2: Blokovna shema prenosa zvoka z laserjem.

Zvok moramo modulirati v spremembo laserske svetlobe. Sprejemnik (anteno) predstavlja foto dioda, lahko pa bi uporabili tudi foto tranzistor.

Jakost laserja je odvisna od napetosti napajanja. To pomeni, da se napetostni signal zvoka lahko modulira v jakost laserja. Ker laser za svoje delovanje potrebuje neko minimalno napetost, je potrebno spremenljivi napetosti zvoka zaporedno vezati napajalno enosmerno napetost.

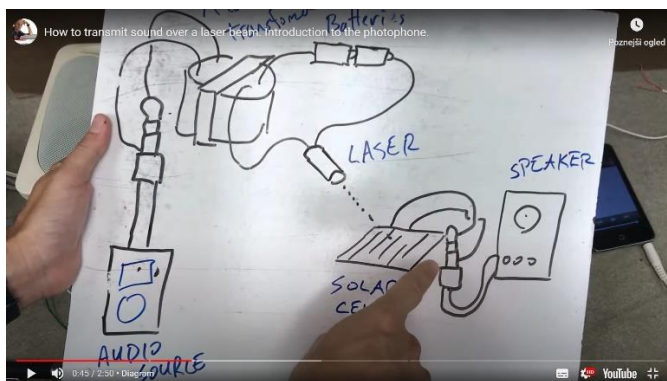
Napajanje laserja je omejeno tudi navzgor, zato moramo zvočni signal dobro prilagoditi delovnemu področju laserja.

Laser oz. lásér (ime je iz angleškega akronima LASER; *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, torej »ojačevanje svetlobe s spodbujanim sevanjem valovanja«) je naprava, ki za vir energije uporablja pojav stimuliranega sevanja (emisije) in ojačenja svetlobnega sevanja. Značilnosti laserske svetlobe so: velika intenziteta, pravilna porazdelitev intenzitete po preseku žarka, majhna divergenca, koherentnost in značilna valovna dolžina. [2]

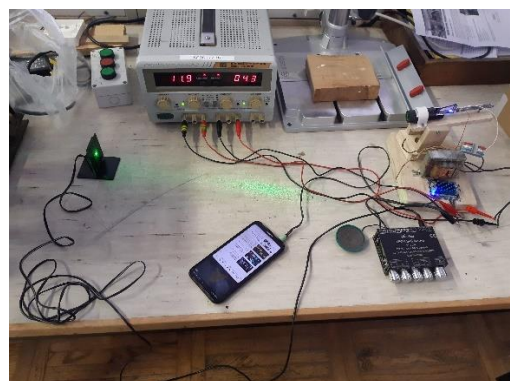
Avdio transformator se po obliki ne razlikuje od usmerniškega. Uporabo avdio transformatorja lahko razdelimo na tri področja. Izolacijski transformator galvansko loči posamezne zvočne sisteme ali ojačevalnike. Impedančni transformator prilagodi impedanco vhoda in izhoda (primer izhod ojačevalnika in zvočnika). Tretja vrsta avdio transformatorja pa so linijski transformatorji, ki se uporabljajo pri javnih ozvočenjih. Zaradi manjših izgub na večjih razdaljah napetost na liniji dvignejo na 100 V.

Eksperimentalni del

Z elementi, ki smo jih kupili prek kitajske spletne strani, smo po vzoru sestavili vezje [1]. Imeli smo nekaj težav s transformatorjem. Avtor vzorčnega eksperimenta je transformator vzel iz računalniških aktivnih zvočnikov. Pregledali smo kar nekaj takšnih zvočnikov in v vseh je bil samo usmerniški transformator. Prenos z usmerniškim transformatorjem nam ni uspel. Poizkus z drugim transformatorjem (neznane izvora) pa je uspel. Zvok smo pred priklopom na transformator morali ojačiti. Kljub ojačenju je bil prenesen zvok zelo šibek, a povsem prepoznaven.



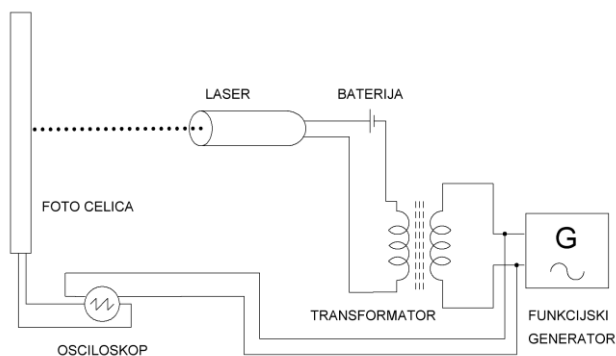
Slika 3: Blokovna shema našega vzora [1].



Slika 4: Naš eksperiment prenosa zvoka z laserjem.

Meritve

Na vhod našega prenosnega sistema (transformator) smo priklopili funkcijski generator, na izhod (fotocelico) pa osciloskop.



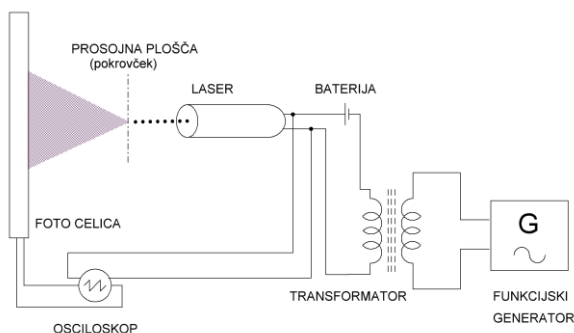
Slika 5: Prenos sinusnega signala na fotocelico.



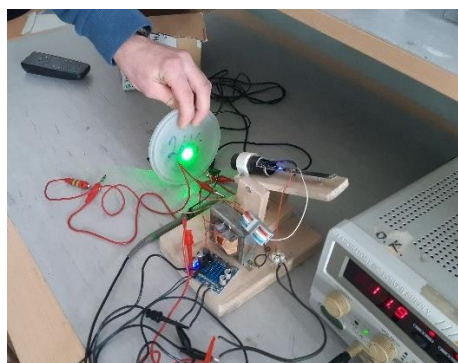
Slika 6: Funkcijski generator in fotocelica.

Prva ugotovitev je bila, da imamo že na funkcijskem generatorju velike motnje. Laboratorijski usmernik, ki smo ga uporabili namesto baterije, v tem primeru ni primerna zamenjava, saj prek transformatorja moti funkcijski generator. Z uporabo baterij so motnje v velikem delu izginile, nismo pa mogli več nastavljati delovne točke na laserju.

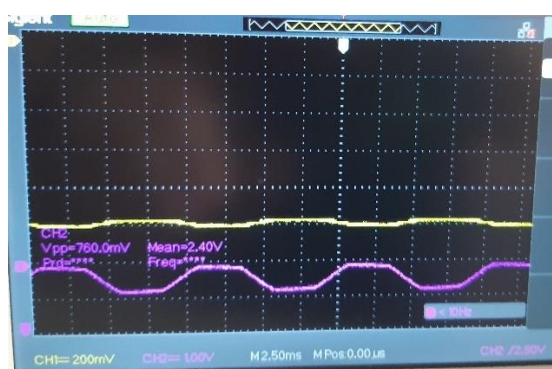
Ko smo z roko prekinjali žarek laserja in gledali odziv na osciloskopu, je nekdo uporabil prosojen pokrovček. V prvem trenutku smo bili presenečeni, ker smo pričakovali, da bo odziv zaradi slabljenja laserskega žarka slabši. Napetostni signal na fotocelici se je znatno povečal.



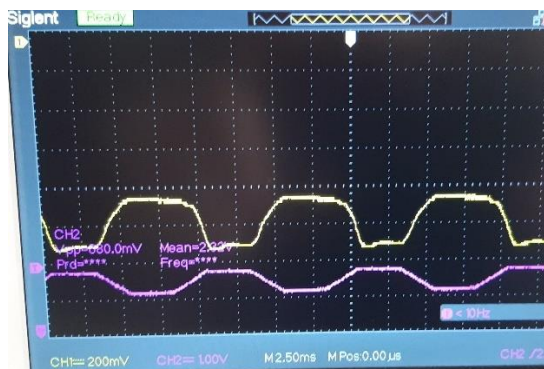
Slika 7: Laser z »difuzorjem«.



Slika 8: Pokrovček kot difuzor.



Slika 8: Laser brez difuzorja



Slika 9: Laser z difuzorjem

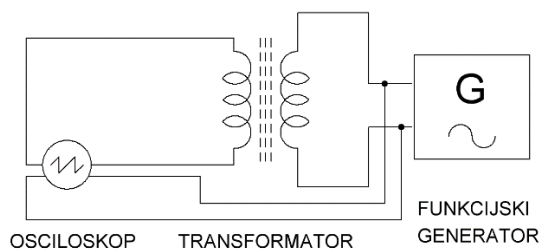
Odkrili smo, kar smo o foto panelih že vedeli, a o tem nismo razmišljali. Pri obnovljivih virih smo se učili, da ena »osenčena« celica (npr. list na panelu) v foto panelu predstavlja problem. Mi smo uporabili panel z eno »osončeno« celico, ostale celice so bile v senci.

Za prenos zvoka z laserjem bi bila veliko bolj primerna ena fotodioda z majhno zbirno lečo.

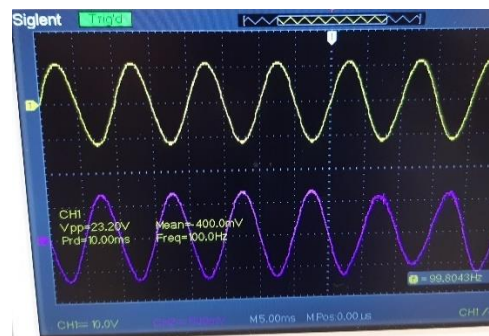


Slika 10: Laser z »vodnim difuzorjem«.

Ker o uporabljenem transformatorju nismo imeli nobenega podatka, smo ga priključili na funkcijski generator in osciloskop. Prestavno razmerje $p = U_1/U_2$ je približno 20, iz česar lahko sklepamo, da je najverjetneje tudi to usmerniški transformator (230 V/12 V).

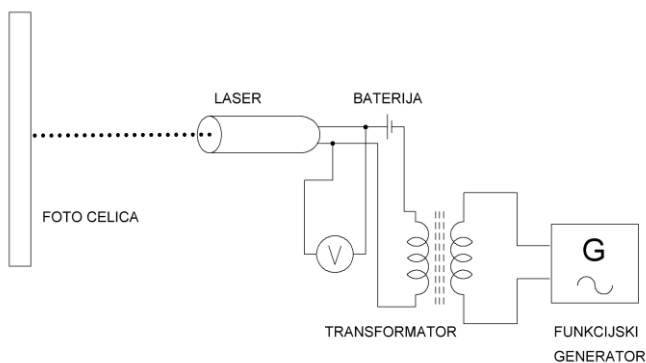


Slika 11: Meritev transformatorja.



Slika 12: Primarno in sekundarno navitje Tr.

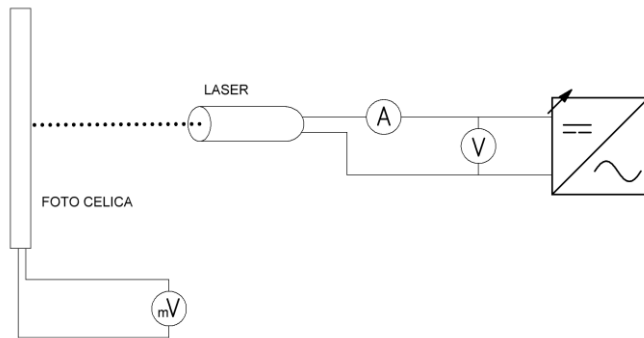
Poskusili smo obrniti sekundarno in primarno navitje transformatorja v našem prenosnem vezju. Če bi nam uspelo, da bi transformator dvignil in ne znižal napetosti, ne bi potrebovali ojačevalca na vhodu. Laser se ni vklopil. Napetost na vhodu laserja je bila približno 0,7 V, kar je premalo za delovanje laserja.



Slika 13: Napetost na laserju.

Ko smo pomerili ohmsko upornost primarnega in sekundarnega navitja, je bila zadeva takoj jasna. Primarno navitje ima $200,3 \Omega$, sekundarno pa $3,2 \Omega$, zato je pri zamenjavi strani transformatorja prevelik padec enosmerne napetosti na njegovem navitju.

Poskusili smo izmeriti karakteristiko laserja. Dvigovali smo napetost na vhodu laserja in merili tok skozi laser ter napetost na fotocelici.

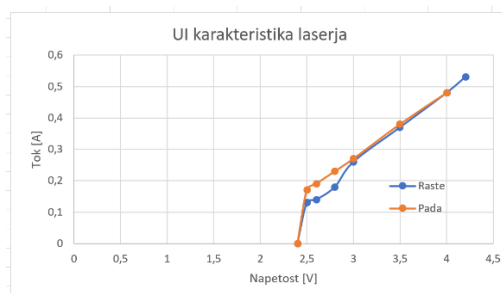


Slika 14: Merjenje karakteristike laserja.

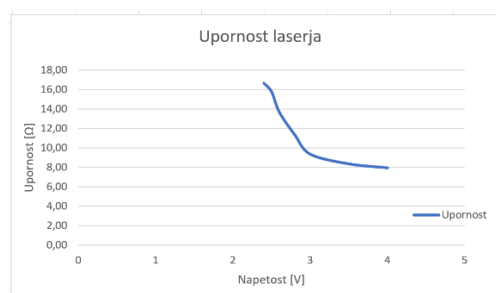
Pri merjenju smo ugotovili, da dobimo drugačne rezultate, če napetost na vhodu zvišujemo oziroma znižujemo. Meritev smo izvedli tako, da smo merili najprej z dvigovanjem napetosti, nato pa smo napetost spuščali. Rezultati so pokazali manjšo histerezo na začetku grafa. Laser, ki smo ga kupili, ima neprijetno lastnost, in sicer vklopno tipko oziroma impulzno stikalo. Slednja izklopi tudi, ko napetost pade pod napetostni prag ($2,5 \text{ V}$), zato je potrebno laser ponovno ročno vklopiti.

Tabela 1: Merjenje karakteristike laserja.

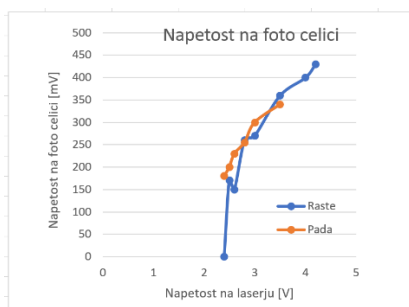
Napetost [V]	Tok (dvig) [A]	Tok (pad) [A]	Upornost [Ω]	Uc (dvig) [mV]	Uc (pad) [mV]
2,4	0	0		0	0
2,5	0,13	0,17	16,67	170	180
2,6	0,14	0,19	15,76	150	200
2,8	0,18	0,23	13,66	260	230
3	0,26	0,27	11,32	270	255
3,5	0,37	0,38	9,33	360	300
4	0,48	0,48	8,33	400	340
4,2	0,53		7,92	430	



Slika 15: Graf UI karakteristike laserja.



Slika 16: Upornost laserja v odvisnosti od napetosti.



Slika 17: Napetost na fotocelici.

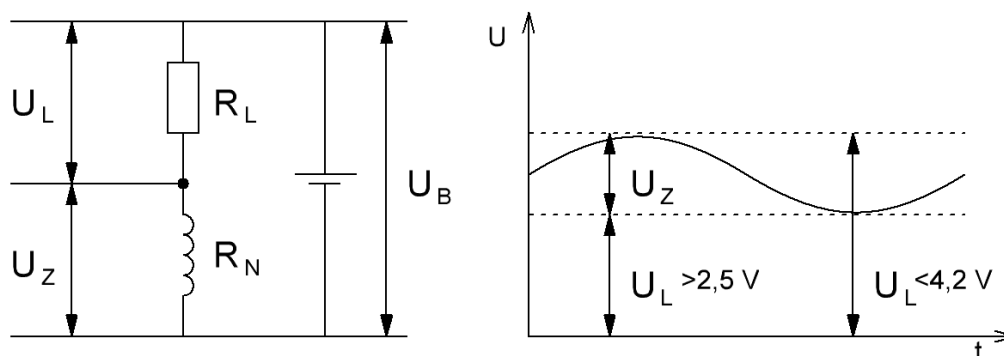
Meritve so pokazale, da bi kljub omejitvi napajalne napetosti na 4,2 V, lahko napajanje laserja dvignili še za en galvanski člen (na 4,5 V). Laser je na baterijo vezan zaporedno z upornostjo navitja transformatorja, ki napajalno napetost pri 3 V razdeli v razmerju upornosti laserja (R_L) in navitja (R_N). Napetost pri 4,5 V bi torej bila približno:

$$U_L = U_b \cdot \frac{R_L}{R_L + R_N} = 4,5 \cdot \frac{11,32}{11,32 + 3,2} = 3,5 \text{ V}$$

Razprava – ugotovitve

Fotocelica, ki je sestavljena iz verige fotodiod, ni najbolj primerna za funkcijo laserskega »sprejemnika«. Če jo že uporabimo v ta namen, bi morali poiskati primerno »razpršilno« zaslonko. Bolj primerna bi bila ena sama fotodioda s primerno zbirno lečo.

Avdio transformator za impedančno prilagoditev izhoda ojačevalnika in galvansko ločitev napajanja laserja in ojačevalnika bi moral biti zelo optimalno prilagojen razmeram. Napajanje laserja bi morali urediti tako, da bi bilo možno nastaviti napajalno napetost v delovni točki, ki ne bi vnašala motnje v prenos signala.



Slika 17: Napetost na laserju (U_L).

Če so naša predvidevanja točna, bi imeli najboljši rezultat s transformatorjem s prestavnim razmerjem $p = 1$, s čim manjšo ohmsko upornostjo sekundarnega navitja in impedanco primarnega navitja 4Ω , da bi se prilagodil izhodu ojačevalca.

Zaključek

V nalogi smo ugotovili, da je včasih pri poskusih »na slepo« velika sreča, da poskus sploh uspe. Prav posebej velja to za sestave iz elementov z ozkim področjem delovanja in nelinearne elemente.

Pri nalogi smo nehote dokazali tudi, da je besedna zveza »dosti časa« posebna relativnostna kategorija, saj nam je za željeni zaključek naloge (izdelavo boljšega prenosnega laserskega sistema) namreč zmanjkalo časa.

Viri

[1] How to transmit sound over laser beam. Introduction to the photophone

Dostopno na spletu (20. 2. 2023): https://www.youtube.com/watch?v=OqXyi_uOwLk

[2] Wikipedija (Laser)

Dostopno na spletu (20. 2. 2023): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Laser>

[3] Avdio transformator

Dostopno na spletu (24. 2. 2023): <http://si.ht-transformers.com/info/audio-transformer-51467098.html>

Slikovni material (fotografije in risbe) je razen Slike št. 3, ki je zajem zaslona vira [1], avtorsko delo avtorjev naloge.