
Danica Pajović, Jana Knežević,
Jovana Cvetković

Laserski komunikator

Osnovna ideja ovog projekta je već dobro proučen prenos informacija laserskim snopom, odnosno uspostavljanje laserske komunikacije. Uređaj se sastoji od predajnika (sa mikrofonom na ulazu, a laserskom diodom na izlazu) i prijemnika (sa fotooptornikom na ulazu i zvučnikom na izlazu). Laserska dioda, u zavisnosti od napona, menja intenzitet svoje svetlosti. U prijemniku se nalazi fotooptornik koji, u zavisnosti od osvetljenosti koju dobija od modulisanog snopa, menja napon na svojim krajevima. Dobijeni signal se zatim pojačava, demoduliše i dovodi u zvučnike koji reprodukuju polazni zvuk.

Uvod

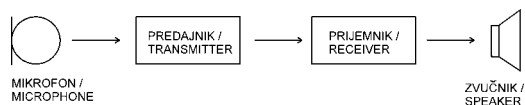
Audio komunikacija laserskom vezom, odnosno konstrukcija laserskog komunikatora, postala je tema mnogih projekata kao što su: Laser Beam Communicator (Oatley Electronics 1993), Laser Link Communicator (Peter Phillips Electronics 1997) i A Simple Laser Communicator (Science toys 1998). Ovi uređaji su u mnogo čemu slični: sastoje se iz predajnika sa mikrofonom i laserom i prijemnika sa fotodiodom i zvučnikom.

Princip rada uređaja je sledeći: zvuk menja napon u mikrofonom koji tom promenljivom komponentom napaja lasersku diodu koja, u skladu s promenama struje, menja i intenzitet laserskog snopa. U prijemniku se nalazi fotosenzitivna komponenta koja registruje promene laserskog snopa i dobijeni signal šalje na pojačavanje i demodulaciju. Konačno, signal dospeva u zvučnik gde se vrši reprodukcija.

Kvalitet reprodukovanoг zvuka u najvećoj meri zavisi od fotosenzitivne komponente. Sva tri pomenuta projekta koristila su fotodiodu (kao fotosenzitivni element), ali ne i fotooptornik koji može da vrši traženu funkciju podjednako dobro, što je realizacijom ovog projekta i dokazano.

Opis i šema uređaja

Jednosmerni komunikator se sastoji od dva odvojena dela: predajnika i prijemnika. Blok šema uređaja je na slici 1.



Slika 1. Blok šema uređaja

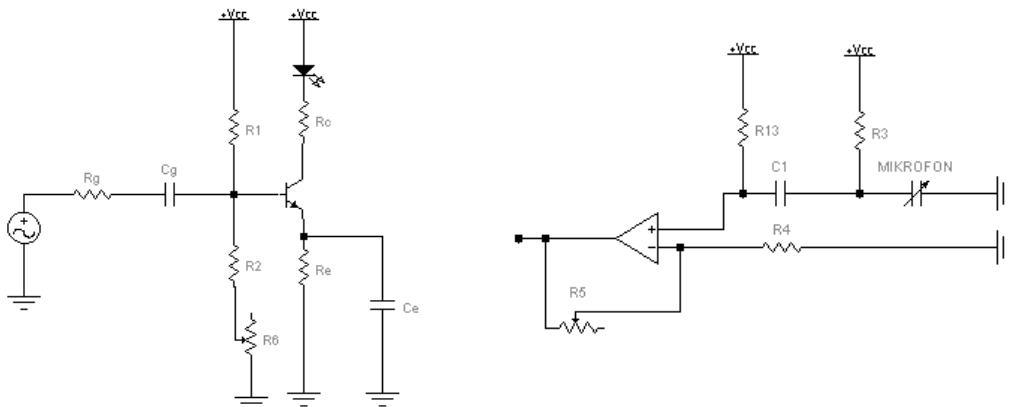
Figure 1. Instrumental setup

Mikrofon je kondenzatorski, tj. menja svoju kapacitivnost u zavisnosti od intenziteta, frekvencije i drugih karakteristika konkretnih zvučnih talasa. S promenama kapacitivnosti, dolazi do promena napona na kondenzatoru. Ova promenljiva komponenta napona se pojačava i dovodi na bazu tranzistora na čiji je kolektor povezana laserska dioda. Menjanjem jačine struje koja napaja lasersku diodu, menja se i intenzitet svetlosti koju dioda emituje, odnosno intenzitet svetlosti se moduliše. Modulisan zvučni signal nošen laserskim zrakom, stiže do fotooptornika

Danica Pajović (1984), Beograd, Kosančićev venac 4, učenica 3. razreda Treće beogradske gimnazije

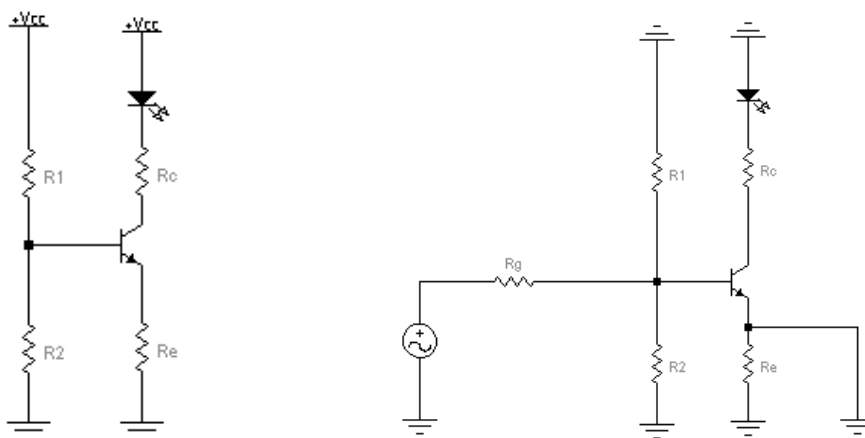
Jana Knežević (1984), Beograd, Vladimira Popovića 34, učenica 3. razreda Matematičke gimnazije u Beogradu

Jovana Cvetković (1984), Kragujevac, Dobojska 1, učenica 3. razreda Prve kragujevačke gimnazije



Slika 2. Predajnik

Figure 2. Transmitter



Slika 3. Jednosmerni režim

Figure 3. Analysis of DC regime

u prijemniku. U zavisnosti od stepena osvetljenosti, fotootpornik menja svoju otpornost; ovako detektovan signal prolazi kroz pojačavač i konačno dolazi do zvučnika

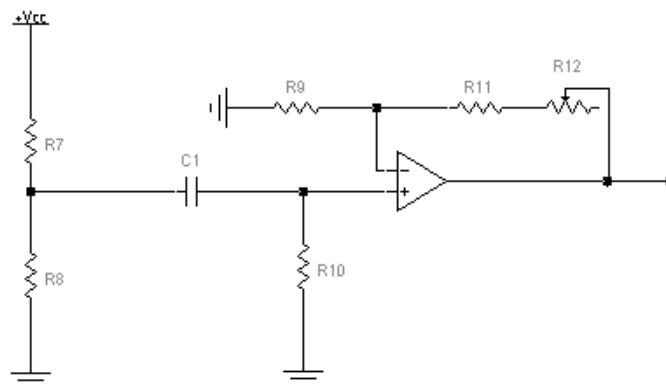
Predajnik

Šema predajnika data je na slici 2. Kondenzator i otpornik na izlazu mikrofona omogućavaju prolaz samo naizmenične komponente napona. Ovaj signal

Slika 4. Model malih signala

Figure 4. Analysis of AC regime, using "the small signals model"

se pojačava neinvertujućim pojačavačem koji je realizovan operacionim pojačavačem i otpornicima R4 i R5. Njegovo pojačanje reguliše se potencijetrom R5. Slika 2 prikazuje šemu predajnika razdvojenu na dve celine koje su međusobno povezane; u levoj šemi sa izlaznim tranzistorom, pojačavač ulaznog signala (prikazan na desnoj šemi), predstavljen je naizmeničnim generatorom.



Slika 5. Prijemnik

Figure 5. Receiver

Da bi se izračunale optimalne vrednosti otpornika i ostalih komponentata, vršena je analiza jednosmernog režima kola (slika 3), a potom je proračun završen korišćenjem modela malih signala (slika 4).

Prijemnik

Šema prijemnika data je na slici 5. Ključna komponenta prijemnika je fotootpornik koji, u zavisnosti od intenziteta svetlosti koju emituje laserska dioda predajnika, menja svoju otpornost, a time i napon na svojim krajevima. Potom se dobijeni signal dovodi do kondenzatora C1, koji propušta samo promenljivu komponentu napona koju zatim prosleđuje do neinvertujućeg pojačavača realizovanog operacionim pojačavačem i otpornicima R9, R10 i R12. Potenciometrom R12 se podešava željeno pojačanje (minimalno iznosi 3, a maksimalno 8). Izlaz operacionog pojačavača je povezan na pojačavač snage, koji će omogućiti dovoljno snažni signal za zvučnike. U nedostatku komponenti za pojačavač snage, provera kola je izvršena osciloskopom, a potom i aktivnim zvučnicima.

Testiranje uređaja

Uređaj je testiran tako što je na ulaz povezan generator funkcija; na osciloskopu je sniman izlazni signal na kome je uočena promena amplitude pri frekvencijama ispod 30 Hz i iznad 15 kHz. Takvi rezultati su bili u okvirima očekivanog. Na izlaz prijemnika su potom povezani aktivni zvučnici.

Pri jednom testiranju uočen je šum od 50 Hz, za koji se ispostavilo da potiče od neonskih svetiljki pod kojima je testiranje vršeno i koje su dodatno osvetljavale fotootpornik, uzrokujući izobličenje zvuka. Problem je otklonjen tako što je fotootpornik zaštićen od svih izvora svetlosti sem laserskog iz predajnika. Zbog nedostatka opreme, nismo merili prenosnu karakteristiku, pa tako ne znamo koliko je dobar prenos odnosno koliki je stepen izobličenja. Međutim, prenos govora bio je na vrlo zadovoljavajućem nivou, što je i bio glavni cilj ovog projekta.

Do neželjenih rezultata može doći zbog nedovoljnog napona napajanja koji dovodi do zasićenja tranzistora i prestanka provođenja struje. Od kvaliteta laserske diode i fotootpornika zavisice i stepen izobličenja koje se ogleda u tome što su pojedine frekvencije koje dolaze na nosećem talasu više pojačane od ostalih (dolazi do harmonijskih izobličenja). Uspostavljanje fiksne, pravolinijske i ničim ometane veze između predajnika i prijemnika moguće je postići samo u vazduhu, iznad ili ispod eventualnih prepreka. Ipak, kvalitet prenosa je dobar i projekat je uspešno realizovan.

Zahvalnost. Posebnu zahvalnost dugujemo našem mentoru Dušanu Grujiću, za njegovu ne-sebičnu saradnju i podršku koju nam je pružao. Pomoć su nam takode pružili i Miloš Stanisavljević, Branimir Acković, Srđan Jovanović i Ljubomir Vračar, čiji su nam saveti bili dragoceni. Zahvaljujemo i Veselinu Vukoviću na interesantnim infor-

macijama koje su inicirale početak rada na ovom projektu, kao i IS Petnica koja nam je omogućila da ga realizujemo.

Literatura

- Bajić D. 1983. *Električna i elektronska kola, uređaji i merni instrumenti*. Beograd: TMF
- Opačić R. 2000. *Elektronika I za drugi razred elektrotehničke škole*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva
- Viremski V. F. 1986. *Vojna laserska tehnika*. Beograd: Vojnoizdavački i novinski centar
- Oatley Electronics. 1993. *Laser Beam Communicator*
- Peter Phillips Electronics Australia. 1997. *Laser Link Communicator*
- Science toys. 1998. *A Simple Laser Communicator*

*Danica Pajović, Jana Knežević,
Jovana Cvetković*

Laser Link Communicator

The main idea of this project is to apply laser technology and transfer data in one direction by using a monodirectional communicator from a transmitter to a receiver.

The transmitter consists of a microphone, a signal amplifier and a laser diode, shown in Figure 2. At the entrance of the amplifier there is a capacitive microphone, which turns the sound signals into AC voltage. These voltage values are low at the exit from the microphone, so they need to be amplified in order to enable the laser diode to be excited. The complete analysis of AC regime has been made (Figure 3), as well as the analysis of DC regime, using "the small signals model" (Figure 4). Using this analysis, it was determined that the stability of current in steady working point of the laser diode should be provided, in order to achieve the best laser effect and avoid unwanted signals which would cause noise.

Based on the information provided by these analysis, total calculation of all the elements of the transmitter electric circuit has been executed.

The receiver consists of a photo resistor, preamplifier, power amplifier and a megaphone (Figure 5). The photo resistor (R_g) is the most important part of the receiver, because it changes its resistance and voltage at its ends. These changes depend on the intensity of light emitted by the laser diode. Capacitor C_1 gives passage only to the alternating component of voltage from the photo resistor onto the preamplifier, whose amplification can range from 3 to 8 times. In order to reach the loudspeaker, the signal needs a power amplifier between the preamplifier and the loudspeaker.

Regarding the transmitter, the project was completely accomplished. As for the receiver, the power amplifier lacked the necessary electrical components. The verification of the signals converted in the transmitter was achieved by using an oscilloscope, while the receiver used active loudspeakers already containing a power amplifier. Testing was done twice, in two different ways.

The function generator was used first. It generated a sinus function at the entrance of the transmitter and at the exit of the receiver. The signal was observed on the oscilloscope. Signals with 30 Hz to 15 kHz frequencies were reproduced completely and without disfigurements, which were noticed for frequencies lower than 30 Hz and higher than 15 kHz. These disfigurements were not determined totally due to the lack of equipment.

Secondly, the speech transferred as the sound signal. Active loudspeakers were attached to the exit of the receiver. The reproduced signal was extremely satisfying.

During the realization of this project, several deficiencies had to be removed. The laser diode and the photo resistor have to be of good quality. If not so, irreparable disfigurements will appear. The powering voltage of the transistor should be monitored, in order to avoid saturation of the transistor. Optical connection between the laser diode and the photo resistor should be linear and without barriers.

The main purpose of this project was to transfer sound signals with as little disfigurements as possible, which was completely achieved by using a photo resistor instead of photo diodes and photo transistors ☺