

Letnji kamp PFE 2022.

Laserska komunikacija

Anja Mijailović, Lana Dermanov
Mentori: Dragan Mičić, Andrej Lojdl

6. oktobar 2022.

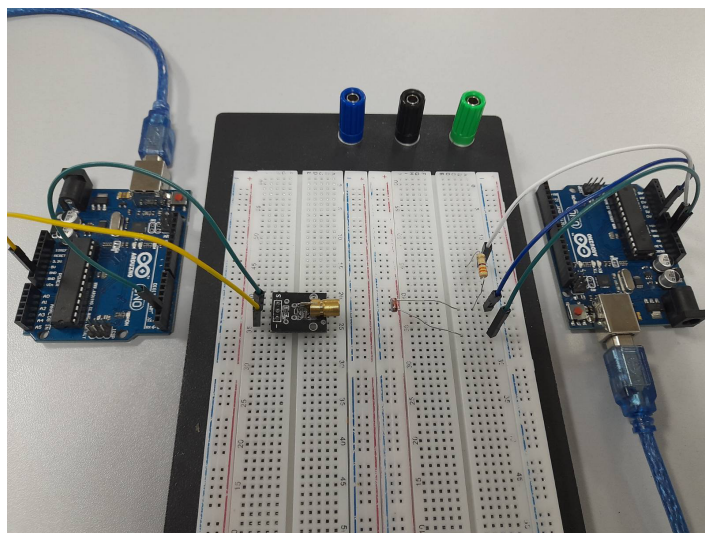
1 Uvod

Cilj ovog mikroprojekta bio je bežično prenošenje informacija sa jednog računara na drugi pomoću lasera. Poruka koja se šalje prevodi se u binarni kod. Poređena su dva načina za slanje tog koda, jedan takav da se bitovi 1 i 0 predstavljaju kao sijanje i nesijanje lasera, i drugi da se 1 i 0 predstavljaju kao različite dužine sijanja lasera.

2 Metod

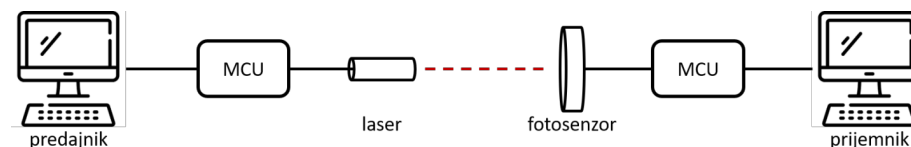
Oprema se sastoji od:

- protoploče
- dva Arduino Uno mikrokontrolera
- dva laptopa
- lasera
- fotootpornika
- otpornika 330Ω
- kratkospojnika



SLIKA 1: Aparatura

U sistemu (Slika 2) jedan laptop i mikrokontroler na koji je povezan laser predstavljaju predajnik, dok drugi laptop i mikrokontroler sa fotootpornikom predstavljaju prijemnik signala.



SLIKA 2: Šema sistema

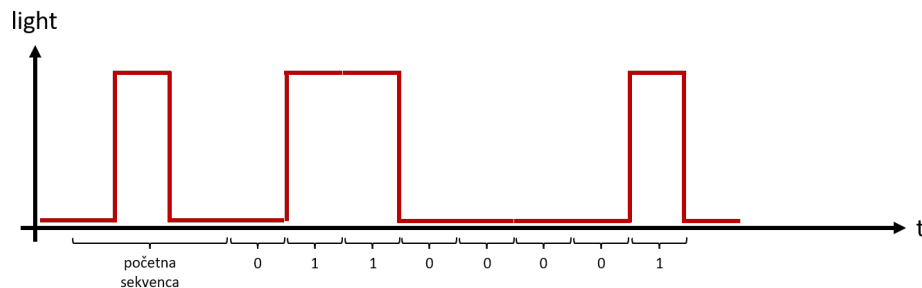
2.1 Predajnik

Laser je izvor koherentne svetlosti koji radi po principu stimulisane emisije. Jezgro lasera se nalazi između dva paralelna ogledala, jednog potpuno reflektujućeg i drugog koje delimično propušta svetlost (kroz njega fotoni izlaze iz lasera). Jezgro je napravljeno od materijala takvog da veći broj njegovih atoma može da bude u pobuđenom stanju, odnosno određeni elektroni u atomima se nalaze za jedan energetska nivo više u odnosu na osnovno stanje. Prilikom povratka u osnovno stanje elektron spontano emituje foton čija energija odgovara razlici između dva energetska nivoa ($\Delta E = h\nu$, gde je ΔE razlika energija nivoa/energija jednog fotona, h Plankova konstanta, a ν frekvencija fotona) - tako se postiže da svi fotoni imaju istu frekvenciju. Deo fotona izlazi u vidu snopa svetlosti, a deo se reflektuje od ogledala i mnogo puta prolazi kroz jezgro, stimulišući dalju emisiju. Korišćen je poluprovodnički laser, tj. laser sa jezgrom sačinjenim od poluprovodnika. Kako bi laser poslao tekstualnu poruku, svaki karakter se prevodi u svoju ASCII dekadnu vrednost, koji se dalje prevodi

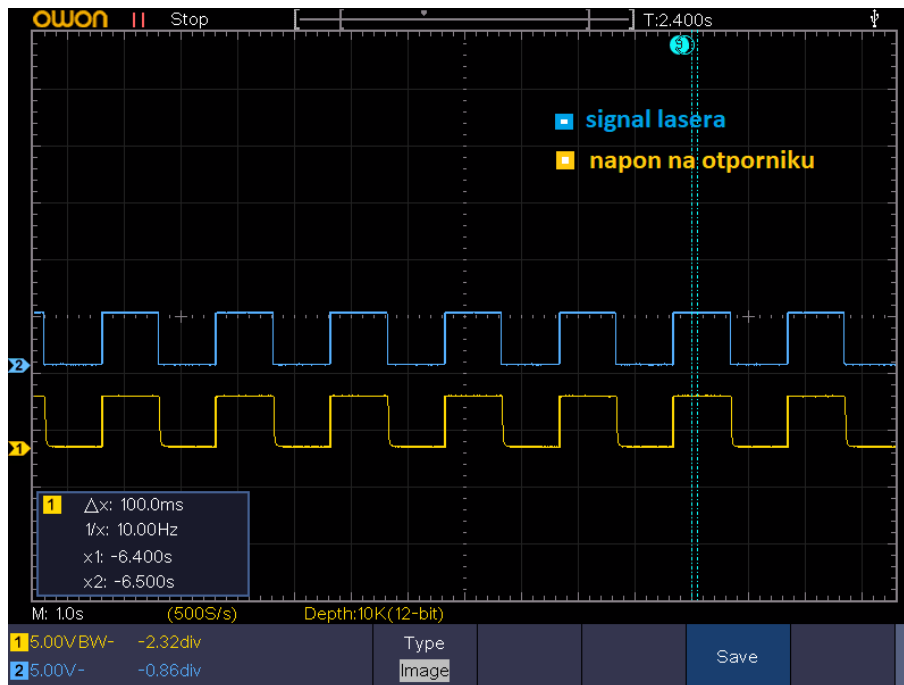
iz dekadnog u binarni brojni sistem (obrnuta procedura se vrši u prijemniku). Slanje binarnog koda ostvareno je na dva načina - vremenskom i direktnom modulacijom.

2.1.1 Direktna modulacija

U direktnoj modulaciji, predajnik na svaki vremenski interval t šalje jedan bit. Bit 1 se predstavlja tako što laser svetli u toku vremena t , a bit 0 tako što u tom intervalu laser ne svetli. Da bi se prvi bit registrovao nezavisno od toga da li je 0 ili 1, pre slanja teksta predaje se početna sekvenca: 010, tek posle čega prijemnik počinje sa registrovanjem nula i jedinica. U prvobitnoj realizaciji prijemnik u svom kodu iz početne sekvence izmeri i zapamti vreme svetljenja lasera, tj. trajanje bita 1 (t) i zatim čeka $\frac{3t}{2}$ da bi čitao vrednosti na polovini trajanja bita, radi veće preciznosti. Nakon prve očitane vrednosti, nove vrednosti se očitavaju na svakih t . Kako se prilikom čitanja merenja napravi mala greška, koja se umnožava sa količinom poslatih bitova, rezultati su bili neznatno lošiji nego kada se vreme t_1 unapred definiše u kodu za prijemnik.



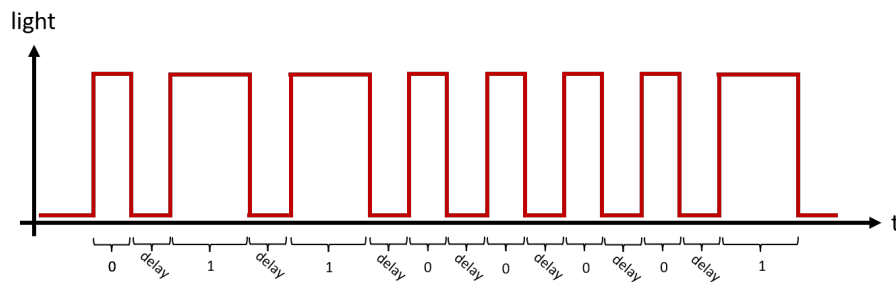
SLIKA 3: Jedan bajt predstavljen direktnom modulacijom



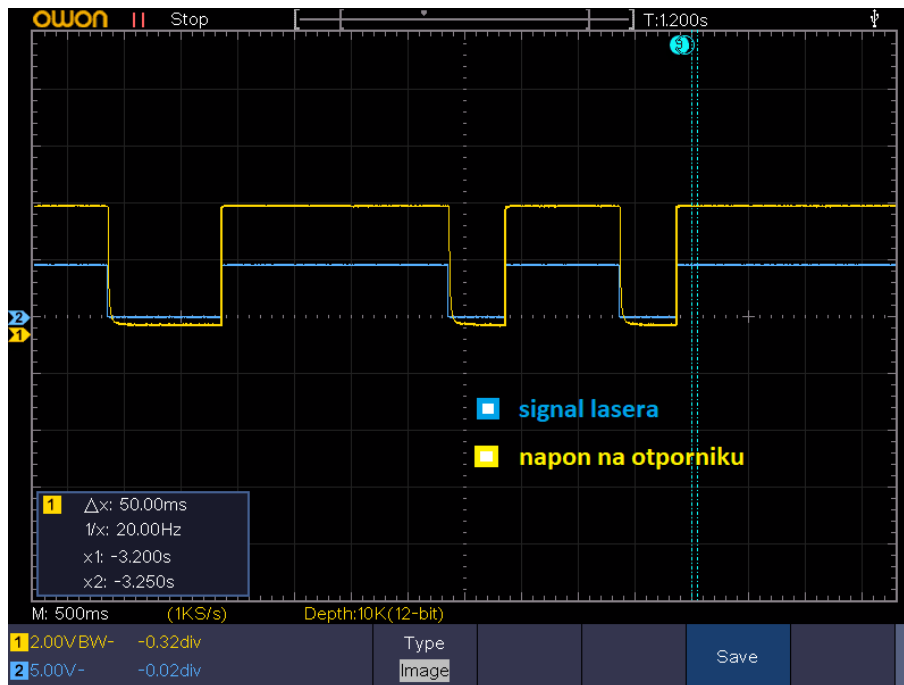
SLIKA 4: Snimak ekrana sa osciloscopa - direktno modulisan signal

2.1.2 Vremenska modulacija

U vremenskoj modulaciji bit 0 se predaje tako što laser svetli određeno vreme t_1 , a ako svetli određeno vreme t_2 , predaje se bit 1. Između bitova postoji pauza u trajanju t_3 . Vrednosti t_1 , t_2 i t_3 su unapred definisane u kodovima za prijemnik i predajnik. Predajnik meri vreme t koliko je dugo laser svetleo. Ako je t najpribližnije vremenu t_1 , registruje se bit 0; ako je t najpribližnije vremenu t_2 , registruje se 1, a ako je t najpribližnije vremenu t_3 , registruje se pauza.



SLIKA 5: Jedan bajt predstavljen vremenskom modulacijom

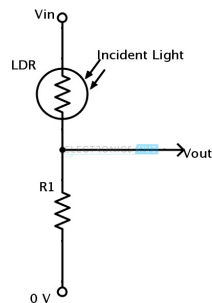


SLIKA 6: Snimak ekrana sa osciloskopa - vremensko modulisan signal

2.2 Prijemnik

Fotootpornik menja otpornost u zavisnosti od količine svetlosti kojoj je izložen. Kada fotoni pogode fotootpornik, koji je u osnovi poluprovodnik, usled unutrašnjeg fotoelektričnog efekta elektroni prelaze iz vezanog u slobodno stanje i provodljivost raste, odnosno otpornost opada. Fotootpornik je povezan u razdelnik napona, pa promena otpornosti izaziva i promenu izlaznog napona, koji se može računati po formuli:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} V_{in}$$

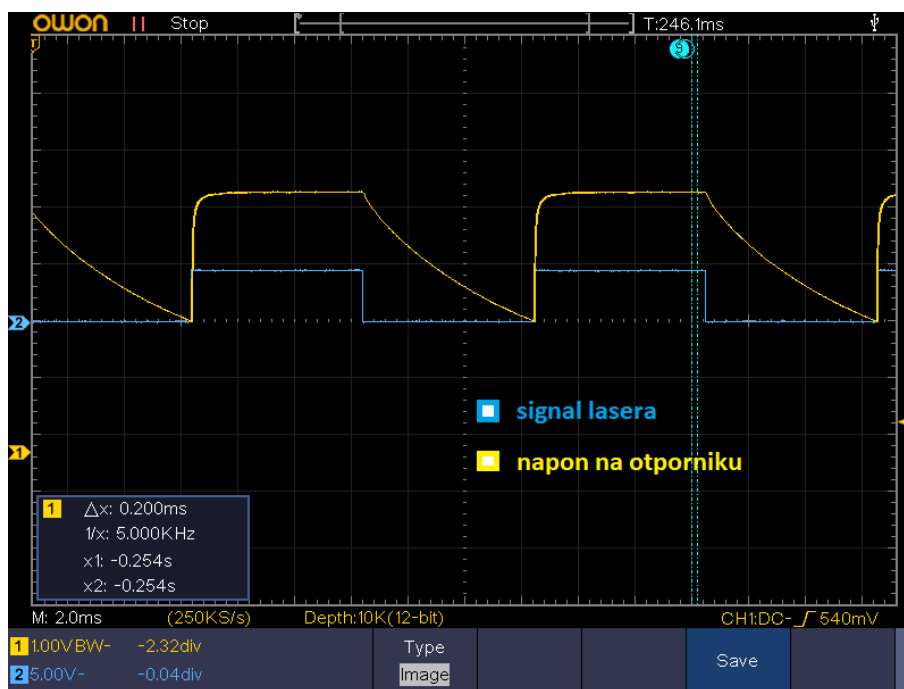


SLIKA 7: Fotootpornik u razdelniku napona

Mikrokontroler sadrži konverter analognog signala u digitalni, koji pročitani napon sa analognog ulaza prevodi u vrednost od 0 do 1023. Kako je izlazni napon obrnuto srazmeran promenljivoj otpornosti, biće srazmeran jačini svetlosti. Da bi se svetlost primljena od lasera razlikovala od dnevne svetlosti, postavlja se granična vrednost napona, tako da se za sve vrednosti iznad granične računa da je primljen signal od lasera, a za sve ispod da laser ne svetli.

3 Rezultati i diskusija

Pomoću vremenske modulacije najveća brzina prenošenja informacija bila je 80 bita u sekundi, a pomoću direktne - 5 bita u sekundi. Glavni uzrok male brzine prenosa podataka je spora reakcije fotootpornika. Kada svetlosni signal prestane, elektroni koji su do tad ozračeni nastavljaju da se kreću, te je potrebno izvesno vreme da se intenzitet struje i napona vrati na početnu vrednost. Ako vreme između dva svetlosna signala traje kraće od vremena reakcije fotootpornika, jedan poslati bit će se izgubiti i ceo dalji tekst biće pogrešno pročitani.



SLIKA 8: Snimak ekrana sa osciloskopa

Iako se direktno modulisan signal može brže poslati jer nema pauza između poslanih bitova, u eksperimentu je postigao manju brzinu upravo zbog karakteristika fotootpornika. U vremenskoj modulaciji pauza između signala omogućava

da se struja kroz fotootpornik smanji i da se ne napravi greška prilikom čitanja sledećeg signala, dok se u direktnoj zahteva da ta pauza bude registrovana kao bit vrednosti 0 i na manjim brzinama se dešava greška.

4 Zaključak

Pomoću lasera uspostavljena je komunikacija između dva računara putem tekstualnih poruka. Najveća postignuta brzina prenosa podataka je 80 bita u sekundi, što bi se moglo unaprediti korišćenjem fotodiode, koja ima bržu reakciju od fotootpornika, kao i optimizacijom koda. Moguće unapređenje bi bilo i slanje slike prevođenjem u matricu vrednosti svih piksela i slanje tih vrednosti u vidu binarnog koda.