

Izvještaj s prve laboratorijske vježbe iz
predmeta:

Optički komunikacijski sustavi

**student: Jelena Mirošević
0036414971**

Uvod

Prva laboratorijska vježba služila je za upoznavanje sa parametrima lasera i detektora, te se sastojala od dvije vježbe.

U prvoj vježbi upoznali smo se sa osnovama lasera, točnije laserske diode. Propuštajući lasersku svjetlost kroz plastična optička vlakna do spektralnog analizatora, gledali smo ovisnost spektra laserske diode o promjenama određenih parametara. Također smo gledali i promjenu razine snage na prijemu u ovisnosti o promjeni parametara lasera. Proučavali smo i razliku spektara, kao i snaga jednomodalnog i višemodalnog lasera.

Druga vježba obuhvaćala je mjerenja vezana uz karakteristike optičkog detektora. Promatrali smo sustav za analogni prijenos informacije koristeći također plastična optička vlakna. Na osnovu analize signala na prijamnoj strani, kao i spektra, određivali smo svojstva ovakvog sustava, te njegovu praktičnost.

Laseri

Princip rada laserske diode

Spojimo li lasersku diodu na izvor napajanja, tako da bude propusno polarizirana, šupljine iz p sloja i elektroni iz n sloja, injektirati će se u pn spoj, gdje će stvoriti inverznu polarizaciju. Elektroni i šupljine će se u pn sloju rekombinirati, uz emisiju fotona, tzv. spontana emisija. Dolazi do stvaranja fotonske lavine. Svaki ovako stvoreni foton uzrokuje stvaranje slijedećih koji imaju iste optičke osobine: istu frekvenciju, smjer, polarizaciju. Tada dolazi do stimulirane emisije. Kako se pn spoj nalazi u optičkoj šupljini (rezonatoru) koju tvore kristalne ravnine, fotoni nastali stimuliranom emisijom doživljavati će višestruke refleksije unutar samog rezonatora. Ukoliko pojačanje emisije svjetlosti uspije kompenzirati gubitak fotona uslijed apsorpcije i difuzije deoći će do pojave laserskog efekta odnosno do pojave laserske emisije.

Laserski efekt javlja se u ravnini pn spoja, ako kroz njega protjeće struja dovoljno velike gustoće. Ovakvi laseri nemaju vanjsko zrcalo, višestruka refleksija unutar rezonatora lasera događa se na izlaznim ravninama kristala poluvodiča čija je refleksivnost samo 30ak%. Ipak ovaj laser se odlikuje velikim pojačanjem. Laserski efekt okomit na smjer širenja lasera je ugušen uz pomoć bolnih ravnina sa hrapavim površinama kako bi se onemogućila refleksija u tom smjeru, a samim time i smanjili gubitci.

Ideja/zadatak

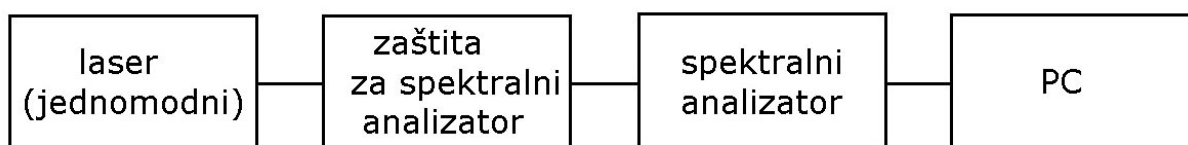
Kvaliteta pojedinog lasera određuje se iz podataka o njegovim osnovnim parametrima kao što su: izlazna snaga, polarizacija, spektar lasera, usnopljenost i koherentnost.

Koristeći dostupnu opremu potrebno je bilo odrediti karakteristike višemodnog lasera na dvije radne valne duljine. Izlaznu snagu i spektar smo mjerili i za jednomodni laser sa promjenjivom valnom duljinom. Provjerili smo i kako promjena određenih parametara zadanog lasera utječe na sam spektar kao i na razinu prijamne snage.

Korištena oprema

Kako smo radili mjerenja karakteristika jednomodnog i višemodnog lasera potrebno je bilo napraviti dva mjerenja.

U prvom mjerenju određivane su karakteristike jednomodnog lasera pomoću opreme sa slike 1. Izvor jednomodnog lasera „Tunable laser source“ upravljan je računalnim programom s kojim je moguće mijenjati neke karakteristike lasera. Laser je na spektralni analizator spojen preko „Expansion unit IQ-206“ koji služi kao zaštita spektralnog analizatora od eventualnih prevelikih snaga koje na njega dovodimo.



Slika 1.: Shema za prvu vježbu.

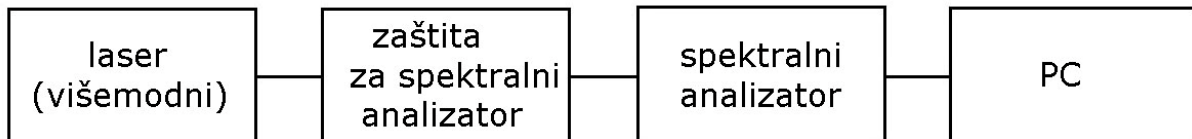
Laser – Tunable laser source



Zaštita za spektralni analizator – Expansion unit IQ-206



Drugo mjerenje obavljeno je sa gotovo istom opremom, izvor je zamijenjen višemodnim laserskim izvorom Anritsu MS0909A. Izvor je FP-LD (Fabry-Pérot laserska dioda) oscilator sa dva paralelna visoko reflektirajuća ogledala razmaknuta za točno određenu udaljenost kako bi se na ogledalima postigla konstruktivna interferencija.



Slika 2.: Shema uređaja korištenih za drugo mjerenje.

Višemodni laser - Anritsu MS0909A



Mjerenja, rezultati i zaključci

Mjerenje sa jednomodnim laserom.

Nakon spajanja opreme prema slici 1. na ekranu smo dobili spektar signala prikazan na slici 3. Na grafu je vidljiv jedan peak što nam pokazuje da se radi o jednomodnom laseru. Mjerenje je napravljeno za $\lambda = 1530,33\text{nm}$, te je snaga $P = 3\text{dBm}$ tj $P = 2\text{mW}$.

Program s kojim smo radili očitao nam je neke karakteristike lasera:

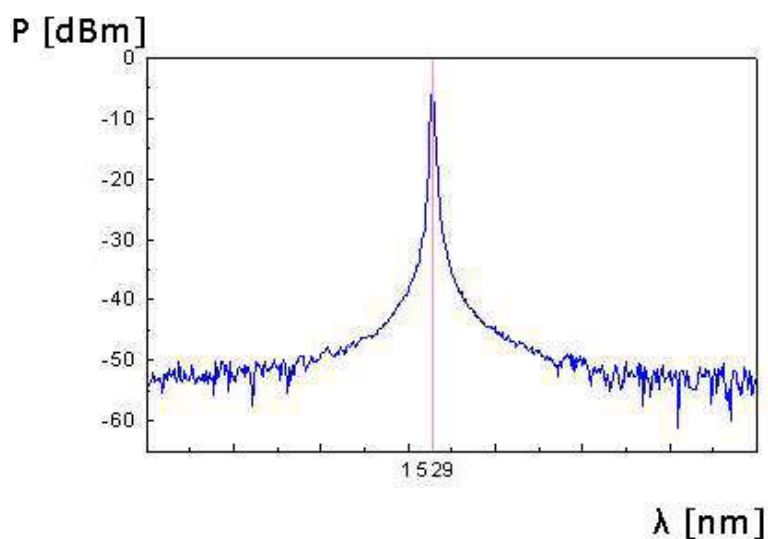
$P_p = -3.34\text{ dBm}$

$\lambda = 1529,907\text{ nm}$

$S/N = 37,02\text{ dB}$

$P_{sr} = 0\text{ dB}$

Iz ovih podataka vidimo da smo dobili vrlo visoki odnos signal-šum, što je naravno dobro, to znači da je razina signala daleko iznad razine šuma. Valna duljina koju očitava program gotovo je identična onoj postavljenoj.

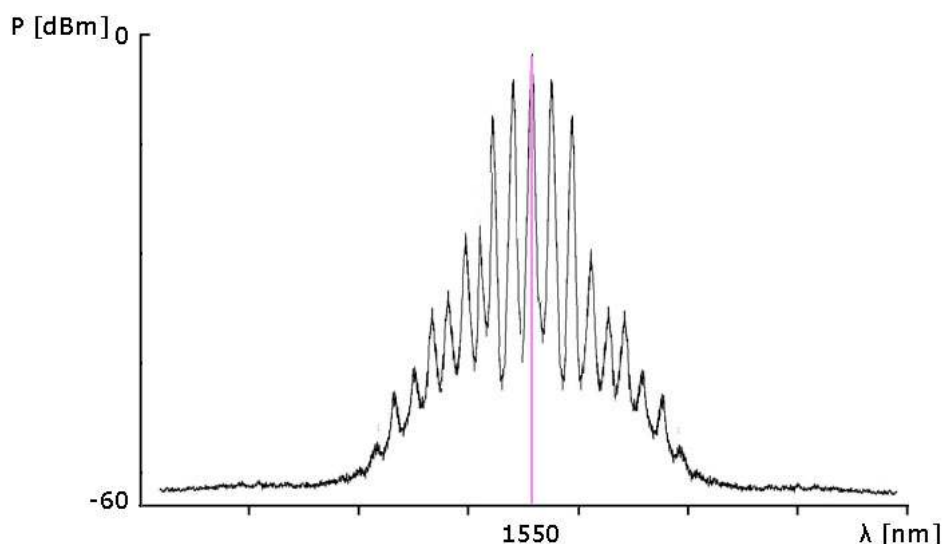


Slika 3.: Spektar jednomodnog lasera.

Na slici 3. vidimo da imamo jedan *peak* i to na 1529 nm što je bila postavljena vrijednost za valnu duljinu. Prije i nakon te vrijednosti nemamo skokove, što upućuje na to da se radi o jednomodnom laseru. Van područja skoka s jedne i druge strane signal nije jednoličan već oscilira oko neke srednje vrijednosti, a to nam pokazuje prisutstvo šuma na određenoj razini.

Mjerenje sa višemodnim laserom.

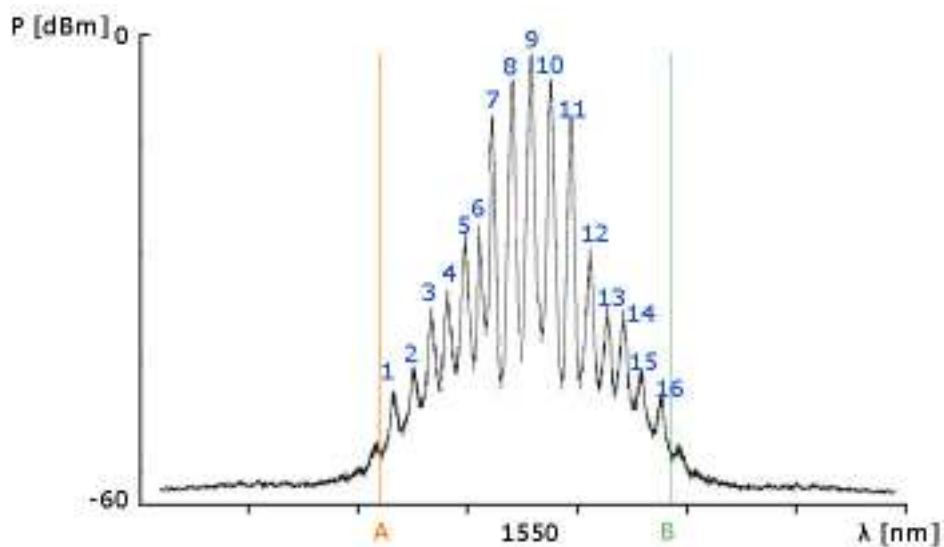
U drugom dijelu prve vježbe budući da smo koristili FP-LD lasersku diodu sa ogledalima, koja radi sa više modova, očekivano je da ćemo na ekranu spektralnog analizatora dobiti spektar koji će se uvelike razlikovati od onoga sa slike 3. Karakteristika koju dobijamo na ekranu ima više skokova. Komponente koje vidimo na ekranu su komponente iznad gubitaka, a one ispod ne vidimo. Spektar našeg višemodnog lasera prikazan je na slici 4.



Slika 4.: Spektar višemodnog lasera.

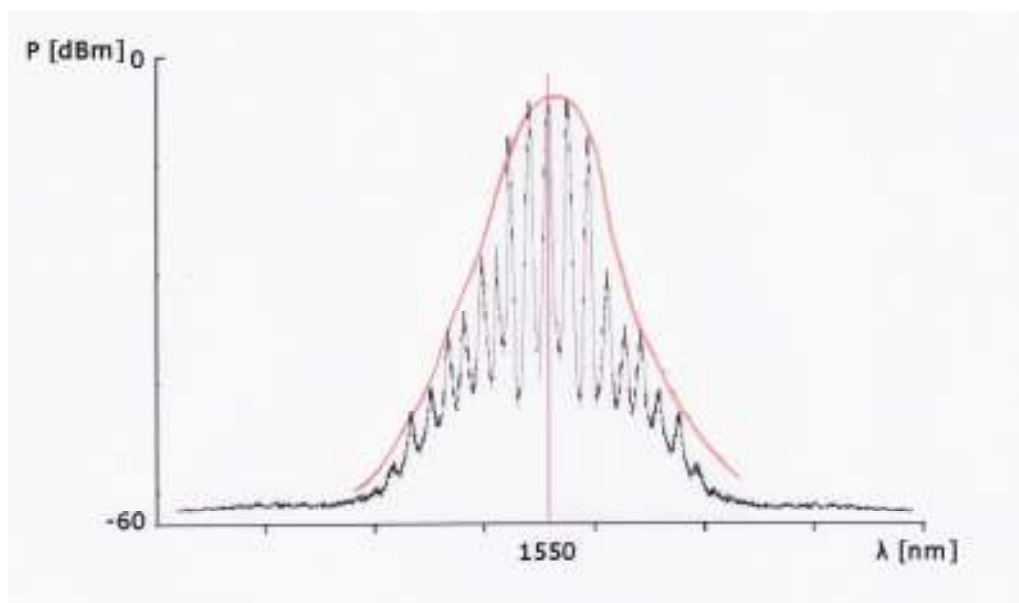
Možemo očitati nekoliko razina snage na prijemu, ali ponovno najveći *peak* imamo na zadanoj valnoj duljini, u ovom slučaju $\lambda=1550\text{nm}$. Za određivanje modova lasera uzimaju se šiljci koji su iznad određene razine snage, dok ostale zanemarujemo. Na idućoj slici (slika 5.) obilježeni su modovi spektra slike 4. Na slici 5. također su naznačene dvije granice A i B.

Granice A i B predstavljaju granično područje gdje integrirana snaga (integrated power) iznosi -6.12dBm. Pomičući granicu A u lijevo, te granicu B u desno, iznos integrirane snage se ne mijenja. No ako ih međusobno približavamo, iznos integrirane snage se mijenja. Za $B=1574.841\text{nm}$ i $A=1522.081\text{nm}$ snaga iznosi -5.19dBm. No nakon vrijednosti na koje smo postavili A i B na slici 5. snaga se ne mijenja. To nam pokazuje da smo obuhvatili sve modove, nakon pomicanja granica A i B snaga se ne mijenja jer modovi koji nisu obuhvaćeni imaju vrlo malu razinu signala što je zanemarivo.



Slika 5. Numerirani modovi, granice pojasa sa konstantom integriranom snagom.

Spajanjem vrhova 16 komponenti sa zaslona, dobijamo lasersku krivulju (slika 6.). Karakteristika ovisi o materijalu.



Slika 6.: Laserska krivulja koju dobijamo spajanjem vrhova spektra snage.

Ista smo mjerenja ponovili za drugu valnu duljinu. U drugom slučaju $\lambda=1300\text{nm}$. Pri tome smo dobili jednak spektar, slične iznose snaga, no sve je bilo pomaknuto u lijevo. *Peak* više nije bio u 1550nm, već u 1300nm.

Detektori

Princip rada optičkih detektora

Optički detektori su elementi ili uređaji koji reagiraju na incidentno, vidljivo, infracrveno elektromagnetsko zračenje pri čemu će se doći do povećanja razine izlaznog signala. Jednostavnije rečeno, optički detektori su elementi koji pretvaraju signal iz optičkog u električni. Razina električnog signala ovisi naravno o intenzitetu optičkog. Na temelju način njihove interakcije sa zračenjem, dijele se u tri kategorije. Mi smo koristili onaj sa PIN diodom, pa će samo o tome biti riječi.

PIN dioda dobila je svoj naziv zbog tri sloja od kojih se sastoji. PIN dioda sastoji se od poluvodičkih dioda s tri sloja. Osim P i N područja, između njih je sloj materijala vrlo slabo dopiran, osiromašeno područje. Zahvaljujući upravo srednjem sloju ova dioda ima svojstva detektora. Radi po principu reverznog napona, a njihov rad se zasniva na kvantnoj teoriji. Pod utjecajem svjetlosti, do osiromašenog područja dolazi foton i pobudi elektron da preskoči zabranjeni pojas, pri tome pobuđuje u I sloju stvaranje para elektron-šupljina. Tako stvoreni elektron i šupljina odmah se razdvajaju i putuju na različite strane, uslijed električnog polja elektroni i šupljine se razdvajaju, te zbog toga imamo struju.

Prednji dio optičkih prijamnika sadrži fotodiodu (spomenutu PIN diodu), te je taj dio najosjetljiviji. Fotodetektor je prvi element optičkog prijamnika. Problem je što do njega dolazi oslabljen signal, te pun šuma. To je razlog zbog kojeg fotodetektor mora imati veliku osjetljivost, te nisku razinu vlastitog šuma, ali i široki frekvencijski pojas.

Ideja/zadatak

U drugoj vježbi ispitati ćemo svojstva i karakteristike optičkog detektora uz pomoć sustava za analogni prijenos informacije plastičnim optičkim vlaknom. Danas se koriste i plastična i staklena optička vlakna. Plastična optička vlakna posjeduju određene prednosti u odnosu na staklena vlakna: lakše se spajaju međusobno i na zivor, veća otpornost na savijanje, no ipak imaju lošija optička svojstva. Zbog toga se plastična optička vlakna koriste za manje udaljenosti kao veza unutar zgrade, a za veće udaljenosti koriste se staklena vlakna.

Potrebno je ostvariti prijenos analognog signala plastičnim optičkim vlaknom pomoću dostupne opreme. Analizirati ćemo signal na prijemnoj strani i procijeniti mogućnosti takvog sustava.

Korištena oprema

Na slici 7. prikazana je shema opreme korištene za ovo mjerenje. Generator signala spojili smo na modulator koji pretvara električni signal dobiven generatorom signala u svjetlosni signal i to uz pomoć LED diode. Modulator je spojen na detektor pomoću kabela koji sadrži 30 plastičnih usporednih niti. Duljina kabela je 2m, a njegovo gušenje iznosi 2dB. U detektoru se vrši demodulacija signala, uz pomoć PIN diode svjetlosni

signal se pretvara ponovno u električni, te se takav signal potom dovodi na osciloskop gdje promatramo razinu signala i eventualna izobličenja.



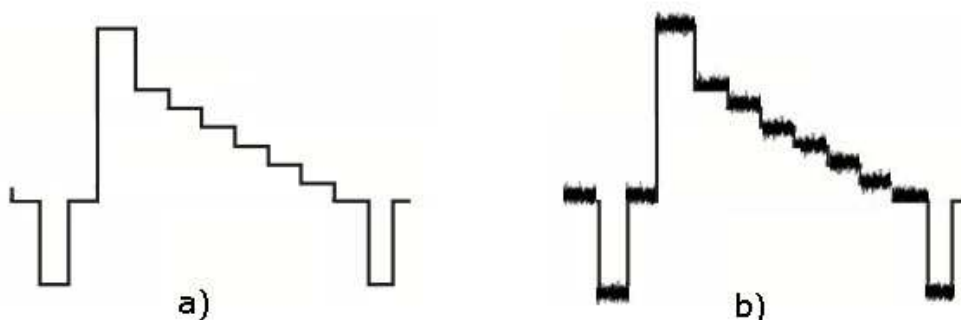
Slika 7.: Oprema korištena za ispitivanje karakteristika detektora.

Radili smo dva mjerenja. Prvo mjerenje je bilo vezano za TV signal, te smo umjesto generatora signala koristili PAL SECAM generator signala. U drugom mjerenju koristili smo klasičan generator signala, te smo koristili pravokutan signal kako bi odredili odnos signal šum.

Mjerenja, rezultati i zaključci

Prijenos TV signala

Pomoću PAL SECAM generatora analognog TV signala, generirali smo luminantnu komponentu koja je prikazana na slici 8.a. Takav signal doveden je na modulacijski FTVR sklop, pa potom poslan preko optičkih vlakana na detektor. Na osciloskopu smo dobili očitavanje prikazano na slici 8.b. Vidimo da je signal zadržao svoj oblik, no vrhovi nisu tako „bistri“ kao što su kod odaslanog signala. Na zaslonu osciloskopa jasno možemo vidjeti šum koji je unesen u naš signal.



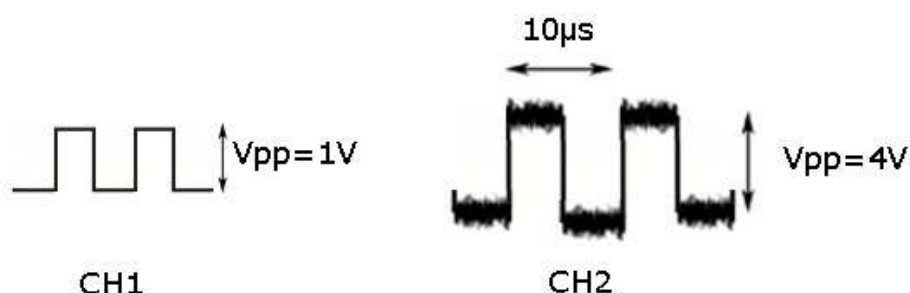
Slika 8.: a) analogni TV signal generiran PAL SECAM generatorom signala, luminantna komponenta, b) signal koji smo dobili na osciloskopu, signal sa detektora.

Šum koji je vidljiv u obliku osciliranja prijamnog signala, na TV prijemniku se manifestira kao pogoršanje slike u obliku „snijega“, što smo i pokazali priključivanjem signala sa detektora na TV prijamnik umjesto na osciloskop.

Ovo mjerenje nam je pokazalo da ovako izveden sklop nije praktičan na velike udaljenosti, jer već za 2m kabela šum koji unose konektori, plastična optička vlakna i detektor uvelike narušavaju kvalitetu slike.

Prijenos pravokutnog signala i razina šuma

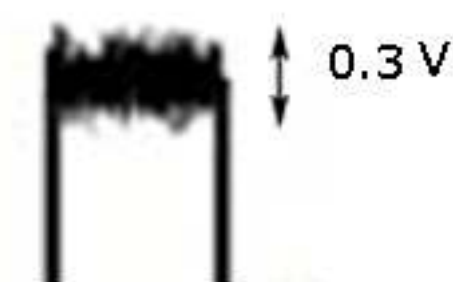
U drugom mjerenju smo umjesto PAL SECAM generatora TV signala koristili klasičan generator signala kako je prikazano na shemi na slici 7. Koristili smo pravokutni signal pri čemu je $V_{pp}=1V$, te $f=100kHz$. Na prvi kanal osciloskopa (CH1) spojili smo generator signala kako bi točno namjestili V_{pp} , a na drugi kanal (CH2) doveli smo signal iz detektora. Signali dovedeni na osciloskop prikazani su na slici 9.



Slika 9.: CH1 prikazuje pravokutni signal koji generira generator signala, CH2 prikazuje singla sa dekodera.

Iz slike je vidljivo kako je oblik signala zadržan, ali amplitude nisu posve jednolične. Kao i u prethodnom primjeru opet vidimo da je dekodер unio određenu razinu šuma. Odredili smo i vrijednost ovog šuma tj odnosa signal-šum.

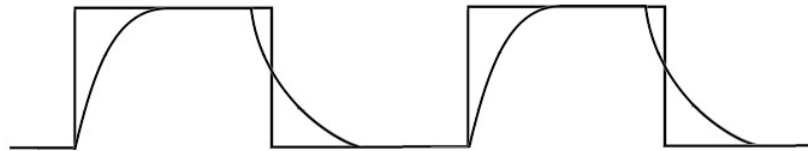
Sa zaslona osciloskopa izmjerili smo razinu šuma, kao što je prikazano na slici 10.



$$\frac{S}{N} = 20 \log \frac{V_{pp}}{0.3} = 20 \log \frac{4}{0.3} = 22.5 dB$$

Slika 10.: Određivanje odnosa signal-šum, prikaz očitavanja šuma sa osciloskopa, te izraz po kojemu je odnos izračunat.

U zadnjem dijelu vježbe promatrali smo kako se mijenjaju izlazni signali u ovisnosti o frekvenciji. Povećali smo frekvenciju na 200kHz, a potom na 2MHz.

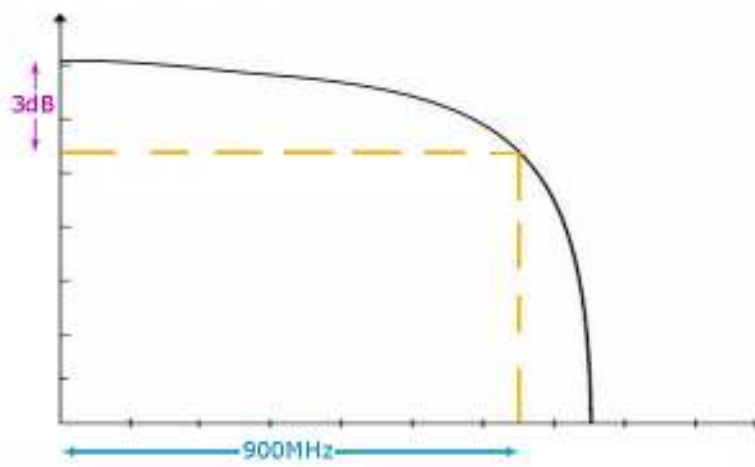


Slika 11.: CH1 i CH2 kanali osciloskopa pri 200kHz.

Na slici 11. vidimo kako je došlo do izobličenja prijamnog signala s obzirom na pravokutni generirani signal. Već pri 200kHz vidimo da nemamo više niti oblik signala zadržan, bridovi više nisu oštri kao što su bili pri 100kHz. S povećanjem frekvencije signal nam se izobličuje, pa na 2MHz dobijamo signal koji nalikuje sinusoidi, dakle sa povećanjem frekvencije

Zadnje što smo analizirali bio je spektar ovakvog signala. Umjesto na osciloskop, izlaz sa detektora spojili smo na spektralni analizator kako bi odredili širinu spektra detektora. Radili smo sa signalom na 100kHz i $V_{pp}=1V$. Na generatoru signala povećavali smo frekvenciju, te pratili amplitudu na spektralnom analizatoru kako bi mogli očitati frekvencijski pojas. S porastom frekvencije spektar nam se razmiče, a amplituda ostaje konstanta. Tek na visokim frekvencijama dolazi do promjene amplitude, na frekvencijama oko 0,2MHz, amplituda opada, to nam naravno ne odgovara, pa ta područja za ovakva mjerenja izbjegavamo.

Širina spektra detektora određuje se uz povećanje frekvencije sve dok nam snaga ne padne za 3dB kao što je prikazano na slici 12. U našem slučaju širina spektra iznosi 900MHz.



Slika 12.: Širina spektra.

Zadatak