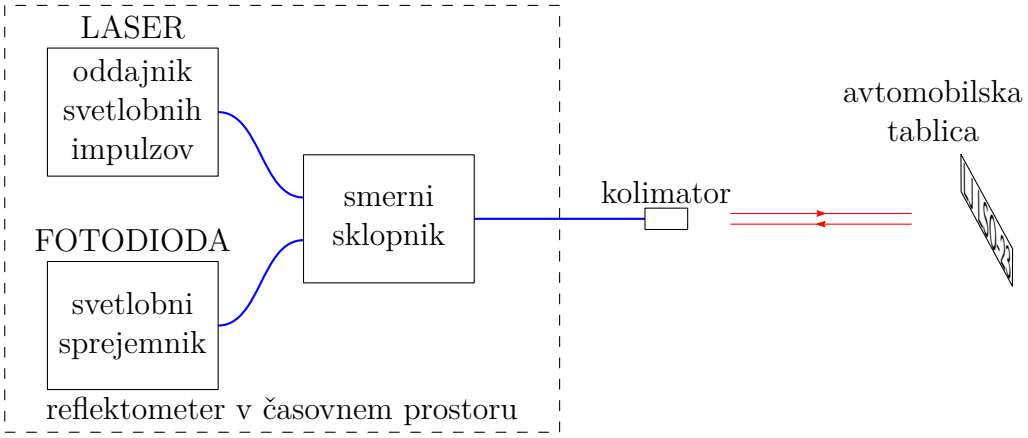
Policijski laserski merilnik

Policijski laserski merilnik, znan tudi kot LIDAR (angl. *Light Detection and Ranging*), deluje na podobnem principu kot radar, vendar namesto radijskih valov uporablja laserske žarke za merjenje hitrosti vozil. Hitrost vozila se izračuna na osnovi vsaj dveh zaporednih meritev razdalje. Ko policist usmeri laserski žarek proti registrski tablici vozila, se žarek od nje odbije in se vrne nazaj k merilniku. Takšno meritev imenujemo reflektometerska meritev. Na podlagi spremembe izračunane razdalje dveh zaporednih impulzov lahko merilnik izračuna hitrost vozila z visoko natančnostjo.

Reflektometerska meritev v časovnem prostoru je prikazana na sliki 0.1. Proti avtomobilski tablici pošljemo časovno kratek impulz svetlobe. Svetlobni impulz se od tablice odbije. Odboj na izhodu kolimatorja je majhen vendar pomemben za točen izračun razdalje.



Slika 0.1: Reflektometrska meritev v časovnem prostoru. Primer policijskega laserskega merilnika.

Posamezne odbite signale ločimo med sabo po času prihoda v sprejemnik, saj mora vsak signal preteči najprej pot od oddajnika do točke odboja in se potem po isti poti vrniti nazaj. Iz izmerjenega časa med oddajo impulza in sprejemom odboja lahko potem izračunamo mesto avtomobilske tablice.

V reflektometer v časovnem prostoru zato vgradimo laser s čim večjo izhodno močjo, vendar je ta omejena s konstrukcijo polprevodniškega laserja in varnostnimi standardi.

Natančnost meritve povečamo s povprečenjem večjega števila meritev.

Edina preostala spremenljivka je trajanje svetlobnega impluza. S krajšim impulzom dosežemo boljšo natančnost določanja mesta odboja, a hkrati zmanjšamo domet reflektometra.

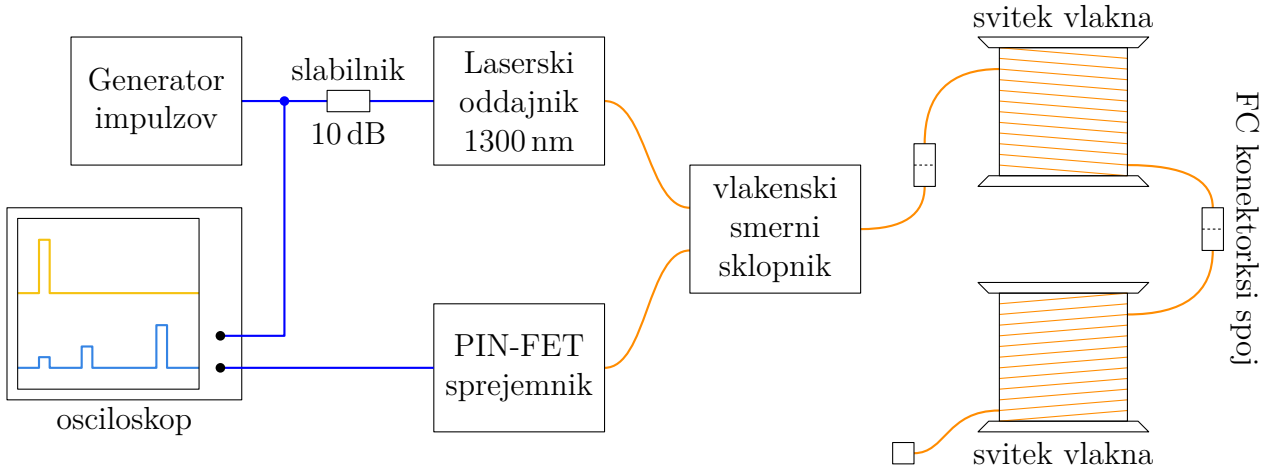
Širina pulza je glavna omejitev pri gradnji policijskega laserskega merilnika zato pri vaji sestavimo inštrument, ki je funkcionalni ekvivalent policijskega merilnika. Pri laboratorijski vaji bomo sestavili optični reflektometer v časovnem prostoru in z njim pomerili dolžine vlakna. V praksi se tak inštrument uporablja za odkrivanje napak vzdolž vlakna.

0.1 Seznam pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

1. generator impulzov,
2. laserski oddajnik za 1300 nm z ustreznim napajalnikom,
3. mnogorodovni optični smerni sklopnik,
4. kolut optičnega vlakna,
5. optični sprejemnik s PIN-FET modulom in napajalnikom,
6. osciloskop,
7. kabli, konektorji in vrvice za vse povezave.

Vezava pripomočkov je prikazana na sliki 0.2.



Slika 0.2: Vezava reflektometra v časovnem prostoru.

0.2 Obrazložitev vaje

Polprevodniški sestavni deli za komunikacije preko optičnih vlaken so zelo občutljivi elektronski sestavni deli, ki zahtevajo nežno in natančno rokovanje. Polprevodniški laserski modul oziroma PIN-FET sprejemniški modul lahko poškodujemo električno ali mehansko. Pri tej vaji je treba paziti predvsem na to, da laserskega oddajnika ne prekrmilimo niti z enosmernim izvorom, niti z modulacijskimi impulzi. Pazimo tudi na polariteto izvorov, ker ima laserski oddajnik plus (+) pol napajanja na ohišju, sprejemnik pa minus (−) pol napajanja na ohišju.

Optična vlakna laserja, PIN-FET sprejemnika in sklopnika so sicer zaščitena, vendar še vedno zahtevajo pazljivejše ravnanje, še posebno FC konektorji na koncih vlaken. Ker imajo vse laserske diode pozitivni pol napajanja na ohišju, krmilimo laserski oddajnik z negativnimi impulzi z amplitudo okoli −1,5 V. Na laserski oddajnik hkrati pripeljemo enosmerno napajanje. Enosmerni izvor nastavimo tako, da skozi laser teče tok, ki je le nekoliko nižji od pragovnega toka laserja. S tem se izognemo motečemu šumu laserja.

Kot sprejemnik uporabimo PIN-FET modul, ker ima zadosti veliko ojačenje, da lahko naravnost krmili osciloskop brez dodatnih ojačevalnih stopenj. Merilnik na PIN-FET modulu se

v tej vaji ne odkloni, ker deluje laser le v ozkih impulzih, povprečna moč pa je zelo nizka. Smiselno jakost signalov zato poiščemo na osciloskopu.

0.3 Značilni rezultati

Glede na to, da smo uporabili navaden (komunikacijski) InGaAsP laser z majhno izhodno močjo, s sestavljenim reflektometrom ne bomo opazili Rayleighjevega sipanja na valovni dolžini 1300 nm. S šolskim reflektometrom lahko zato opazujemo le odboje na nezaključenih koncih vlaken, kapilarnih spojih in konektorjih.

Če sestavimo vajo po sliki 0.2, opazimo na osciloskopu tri impulze. Prvi impulz je odboj na konektorjih sklopnika oziroma presluh sklopnika. Drugi impulz je na konektorskem spoju, ki povezuje oba svitka vlakna in je zaradi dobrega sklopa običajno majhen. Če konektorski spoj malo odvijemo, vidimo povečanje drugega impulza na osciloskopu. Tretji impulz pa je odboj na prostem koncu drugega svitka vlakna. Če prosti FC konektor približamo in natančno usmerimo v zrcalo, lahko tudi opazimo povečanje odboja.

Glede na trajanje uporabljenih impulzov v velikostnem razredu 50 ns, znaša ločljivost reflektometra okoli 5 m v optičnem vlaknu. Zato s sestavljenim reflektometrom ne moremo razločiti med različnimi odboji v bližini samega sklopnika, se pravi raznih odbojev na konektorjih in presluh samega sklopnika. Prav tako ne moremo med sabo ločiti odbojev na drugem koncu kilometrske optične poti.

Kar pa lahko izmerimo s smiselno natančnostjo, je dolžina vlakna v prvem in drugem svitku, iz izmerjenega časa med impulzi na zaslonu osciloskopa. Pri izračunu dolžine vlakna ne smemo pozabiti, da preteče svetloba vlakno dvakrat in to s hitrostjo, ki je za lomni količnik ($n_{\text{vlakna}} = 1{,}46$) manjša od hitrosti svetlobe v praznem prostoru.

0.4 Vprašanja in naloge

1. Nariši skico merilne postavitve! Preriši zaslon osciloskopa in označi merjene veličine!
2. Kolikšna je dolžina posameznega koluta vlakna?
3. Koliko je ločljivost sestavljenega OTDR-ja?
4. Kakšna je optimalna dolžina pulza?
5. Kako bi sestavljen merilnik predelali v policijski laserski merilnik?