

Názov cvičenia:

Meranie rýchlosti šírenia optického signálu

Cieľ:

Naučiť žiakov používať digitálny osciloskop, základné vlastnosti a parametre optického vlákna, odmerať rýchlosť šírenia signálu po optickom vlákne nepriamou osciloskopickou metódou a určiť jeho index lomu, určiť meraním šírku frekvenčného pásma pre prenos digitálneho signálu po optických vláknach a skontrolovať splnenie normy pre TTL (+ 5V)

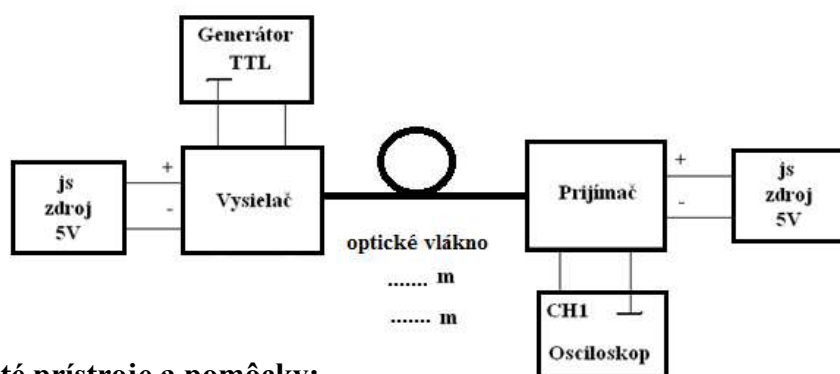
Úlohy:

- Odmerajte:
 - rýchlosť šírenia číslicového signálu po optickom vedení nepriamou osciloskopickou metódou
 - frekvenčné charakteristiky optickej sústavy s vláknami dĺžky **0,5 m** a **5**
- Určite meraním šírku prenášaného pásma pre vstupný TTL signál pre obidva optické vlákna

Teoretický úvod: (čo máte vedieť)

Rýchlosť šírenia svetla vo vzduchu, výhody, nevýhody a využitie optického prenosu, typy optických vysielačov a prijímačov, koherentné a nekoherentné žiarenie – spektrálne charakteristiky, základné usporiadania optického vlákna, indexy lomu plášťa a jadra a ich vzťah, rýchlosť šírenia svetla vo vlákne (aj matematické vyjadrenie), medzný (hraničný) uhol pre úplný odraz, SMF a MMF vlákna popis a ich využitie, hlavné parametre optického vlákna (šírka pásma, NA, disperzia, útlm, ohyb, spájanie).

Schéma zapojenia:



Použité prístroje a pomôcky:

OSC – dvojkanálový osciloskop typ **RIGOL DS1052E; DO**

G – generátor typ **METEX 9160**

JZ – stabilizovaný zdroj s dvoma oddelenými výstupmi - **KIKUSUI PAB 18-3**

Optická súprava

Sondy k osciloskopu

0,5 m a **5 m** optický kábel

Prípojné vodiče

Technická dokumentácia

Tabuľka nameraných hodnôt pre meranie indexu lomu:

| Č.M. | Δt_{odm} (ns) | v (m/s) | n (-) |
|-----------------------|---------------------------------|-------------|--------------|
| 1. | 80 | 56 250 km/s | 5,33 |
| 2. | 72 | 62 500 km/s | 4,8 |
| spriemerujte n | | | 5,065 |

Postup pri meraní: *K meraniu sme potrebovali 2x nezávislé js. zdroje, na napájanie opt. vysielača a opt. prijímača js. napätím 5V (dané výrobcom). Ďalej funkčný generátor signálu TTL frekvencie 1*

Meno a priezvisko: **Daniel Orbán; IV.C**

Meranie rýchlosti šírenia optického signálu



MGHz s konšt. napätím 5V, opt. prijímač, vysielač + spojenie s DO (+ signál si vieme tak uchovať v pamäti a pomocou kurzora určiť **vzdialenosti** medzi 1. a 2. optickým vláknom). Samotné optické vlákna s dĺžkami 0.5 a 5m. Na prvý kanál sme priviedli signál z generátora - je to ten, ktorý nám vysielal VYSIELAČ. Ak sa na obrazovke objavili **zákmity** boli tam z dôvodu toho, že sme vysielali vysokú frekvenciu (1MGHz) a vznikajú na základe parazitnej indukčnosti $X_L = 2\pi f L$. Znehodnocujú náš signál. Na výstupe (prijímači) sme z dôvodu presného merania použili vsondu. Ona obsahuje kapacitu rádovo niekoľko desiatok pF a tá potláča parazitné indukčnosti (zákmity signálu). Vyberieme a zapojíme si **1. opt. vlákno** napr. dĺžky **5m**. Na výstupe - osciloskope sa nám zobrazil signál z vysielača, ktorý prenáša vlákno. Tento signál si dáme do referenčnej pamäte (**REF**). → osc. zaznamená vzorky do pamäte (vzorkuje, kvantuje, kóduje). Následne vymeníme optické vlákno za **0.5m** a zobrazíme na DO ako druhý kanál. Signál v REF a na 2. kanáli si na seba umiestnime a použijeme **kurzorové meranie** (type os x) a odčítavom posun rozdiel medzi týmito signálmi. Rýchlosť šírenia po vlákne si dopočítame podľa vzťahov. Ideálna je **rýchlosť svetla**, ale svetlo je **spomaľované** pretože sme svetlo zvedli do opt. prostredia (index lomu nám vyjadruje => koľkokrát sa naše svetlo spomalilo). Druhé meranie sme spravili pre kontrolu výmenou strán optického vlákna (čistota koncov vlákien, ako sú zarezané, nečistoty na prijímači/vysielači => týmto všetkým môže byť meranie ovplyvnené). Meracia metóda sa volala osciloskopská. Navzájom sme porovnávali 2 optické vlákna. Pri tej rýchlosti musia byť 2 vlákna rôznej dĺžky.

Vzorové výpočty :

$$l_1 = 0,5 \text{ (m)} \quad l_2 = 5 \text{ (m)}$$

$$\Delta s = l_2 - l_1 = 5 - 0,5 = 4,5 \text{ (m)}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{4,5}{80 \cdot 10^{-9}} = 56\,250 \text{ km/s}$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{56250 \cdot 10^3} = 5,33$$

Tabuľka nameraných hodnôt pre meranie frekvenčných charakteristík:

| Č.M. | $l_1 = 1 \text{ (m)}$ | | $l_2 = 5 \text{ (m)}$ | |
|------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| | f_1 (kHz) | U_2 (V) | f_1 (kHz) | U_2 (V) |
| 1. | 10 | 3,92 | 10 | 3,84 |
| 2. | 100 | 3,76 | 100 | 3,96 |
| 3. | 1,36M | 3,56 | 1M | 3,78 |
| 4. | 2,3M | 3 | 1,5M | 3,28 |
| 5. | 2,8M | 0 | 2M | 840m |
| 6. | | | 2,5M | 0 |

Pri optickom prenose sa pohybuje vo vlnových dĺžkach od 400 nm do 1700 nm (tu - minimá útlov materiálov)

VÝHODY: nižšie náklady kanál/km; Galvanicky oddelený prijímač a vysielač; Odolnosť voči cudzím ELMG poliam; Úspora drahých kovov; Vysoká prenosová kapacita

Meno a priezvisko: Daniel Orbán; IV.C

Meranie rýchlosti šírenia optického signálu

NEVÝHODY: ťažšie a drahšie zapojenie, vysoká cena, technologicky, môže sa zlomiť (náročná oprava)

Využitie: prenos na krátku vzdialenosť (PC siete); automatizačná; regulačná a meracia technika; svetelná; na strednú/veľkú vzdialenosť

Typy **vysielačov:** **IRE**D (nekoherentný zdroj svetla – spektr. charakt. **100nm**); **laserová dióda** (koherentný zdroj svetla – spektr. charakt. **5nm**)

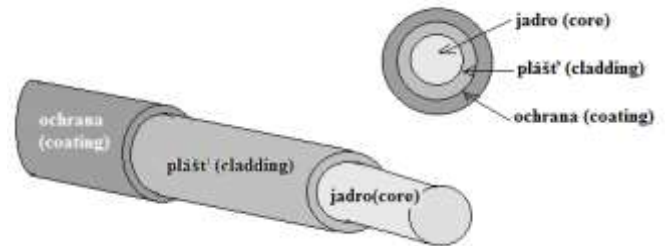
prijímačov: Fotodiódy; PIN; Lavínové fotodiódy $\lambda = \frac{c}{f}$

$n_1 > n_2$ n_1 – index lomu jadra

n_2 – index lomu plášťa

(Aby dochádzalo k úplnému odrazu musí platiť

Zákon o lome/odraze: $n_{\text{plášťa}} < n_{\text{jadra}}$)



Základné usporiadanie optického vlákna

$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{n} \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$ - rýchlosť šírenia svetla vo vlákne !

Medzný uhol – minimálny uhol, pri ktorom dochádza k úplnému odrazu lúča späť do pôvodného prostredia $\sinh = \frac{n_2}{n_1}$

SMF = Jednovidové * vedú jediný lúč bez odrazov (prenos dát na 100x väčšie vzdialenosti ako MMF)

MMF = Mnohovidové * prenášajú viac lúčov - 1. so skokovou zmenou n a 2. s gradientnou (postupnou) zmenou n (dátové komunikácie vzd. stoviek metrov – do 25 km)

Šírka pásma – najvyšší **kmitočet signálu**, spoľahlivo prenesený na vzd. 1km [MHz]

NA – najväčší **uhol** = α_{\max} , pod ktorým môže svetelný lúč vstupovať do opt. vlákna, aby bol vláknom

prednášaný $\sin \alpha = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)}$

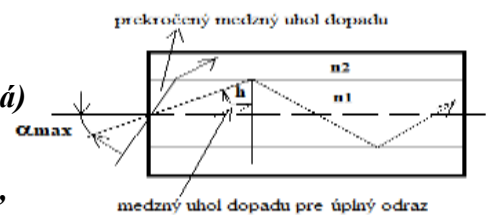
Disperzia – spôsobuje **skreslenie** (vidová, chromatická, polarizačná)

Útlm – **meradlo strát** opt. energie vo vlákne [db/km]

Ohyb – najmenší ohyb, ktorý je možné pri inštalácii vlákna použiť

Spájanie – \forall typy spojov spôsobujú útlm \rightarrow **Trvalé** = lepenie, zváranie, lepenie koncov epoxidom

Rozoberateľné = pomocou konektorov



Optický konektor



spojka



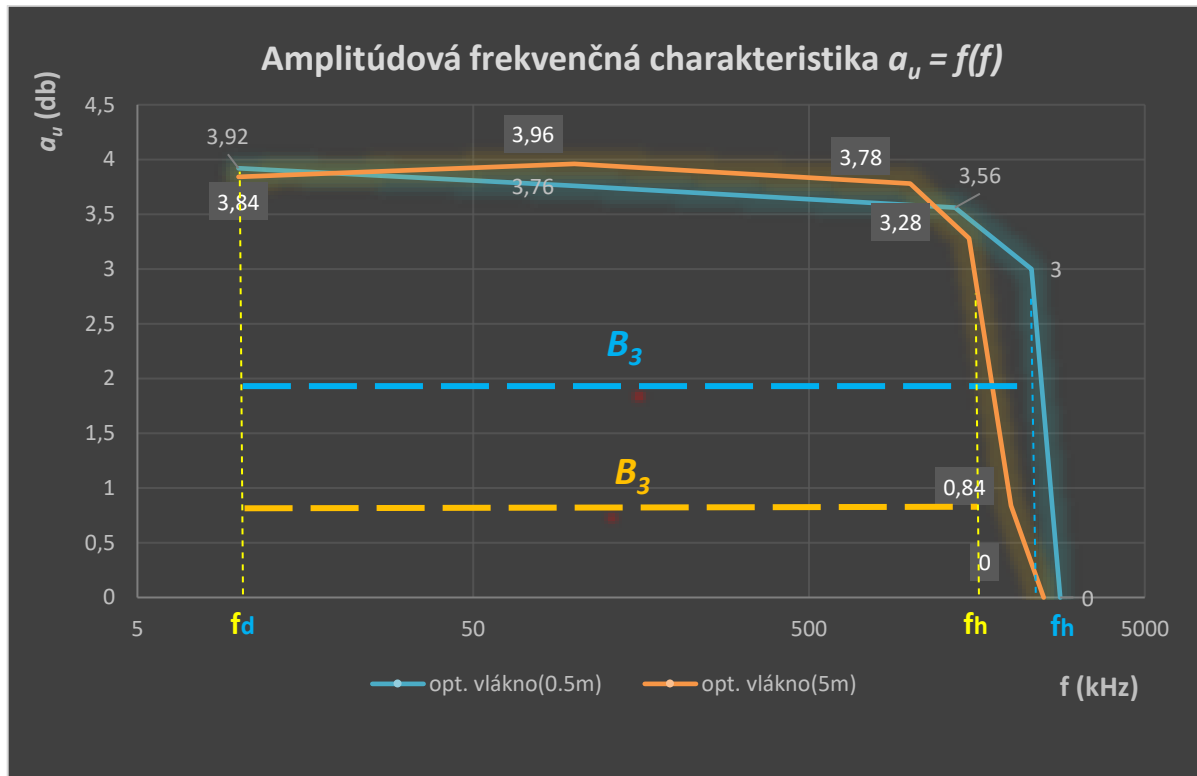
konektorové spojenie

Vyhodnotenie:

Pojednajte o odmeranom indexe lomu optického vlákna. Nakreslite pomocou programu Excel pre obidve optické vlákna amplitúdovú frekvenčnú charakteristiku a určite šírku prenášaného frekvenčného pásma.

Meno a priezvisko: Daniel Orbán; IV.C

Meranie rýchlosti šírenia optického signálu



$$B_3 = f_h - f_d = 2,77 - 3,92 = \underline{1,15 \text{ kHz}}$$

$$B_3 = f_h - f_d = 2,71 - 3,84 = \underline{1,13 \text{ kHz}}$$

Čím je väčší index lomu tým je rýchlosť šírenia svetla-menšia opt. vláknach = závisí nepriamoúmerne. Keby bolo svetlo jednotkové tak rýchlosť čo ide po optickom vlákne je taká istá ako keď ide rýchlosť svetla vo vákuu. Akonáhle privedieme svetlo do vlákna tak bude spomaľované. Tie vlákna môžu mať tak dobré prenosové vlastnosti, že ten index lomu môže byť 1,1. Keď sme navzájom vymenili optické vlákna, tak sa mohol index lomu líšiť napr. vďaka znečisteniu vo vlákne. Tiež to závisí od typu kábla.

Výhody DO: automatické meranie, nízke frekvencie, môžem si uložiť, nahrat' do PC, nemusíme nič počítať, možnosť pripojenia do meracej sústavy

AO sme nemohli použiť, pretože: nemal kurzory, REF pamäť a ťažšie odmeranie časového rozdielu medzi krátkym a dlhým vláknom

Vf sonda sa dá použiť pre DO aj AO

Postup pri meraní AFCH: Zisťujeme do akej frekvencie nám optické vlákno prenesie našu informáciu. Merali sme napätia pri vyšších frekvenciách najprv na 0,5m a následne na 5m vlákne. Vysunuli sme si napäťový kurzor, presunuli sme si ho na Y, kurzorom B sme hýbali a taktiež aj kurzorom A, tak aby sme zmierali napätie pri konkrétnej frekvencii nášho TTL signálu. Zistili sme, že čím sme s frekvenciami išli nižšie, tak nám vznikalo skreslenie signálu. Opt. vlákna sa používajú najmä na prenos digitálnych signálov a log. 1 má napäťovú úroveň do 5V. Ak chceme vidieť log. 1 musí byť napätie minimálne 2,4V. Keď chceme aby pri vyšších frekvenciách nastáva po presahu frekvencie čo by nám opt. vlákno prenieslo ÚTLM až nakoniec ešte vyššie nulové napätie. Následne zostrojíme AFCH obidvoch vlákien, pričom na frekvenčnej osi x bola logaritmická mierka.

Meno a priezvisko: Daniel Orbán; IV.C

Meranie rýchlosti šírenia optického signálu