

**SPŠ J. Murgaša, Hurbanova 6, Banská Bystrica**

# **Sieťové technológie**

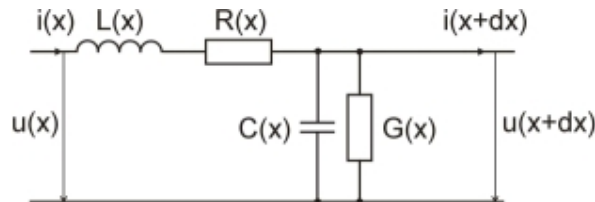
**Technické riešenia počítačových sietí**  
**Prenosové médiá**

**Študijný materiál**

## Teória vedenia

Vlastnosti prenosu signálov elektrickým vedením sú dané vlastnosťami vedenia. Vedenie je možné znázorniť náhradnou schémou, ktorá obsahuje prvky charakterizujúce elektrické vlastnosti vedenia.

### Náhradná schéma vedenia



Ak každý úsek vedenia  $dx$  má rovnaké parametre, hovoríme o homogénnom vedení. Vlastnosti vedenia prezentované prvkami v náhradnej schéme označujeme ako primárne parametre vedenia. Ostatné parametre vedenia sú odvodené z primárnych parametrov a takéto odvodené parametre nazývame sekundárnymi parametrami.

#### **Primárne parametre vedenia:**

$R$  merný odpor [Ohm/km]

$L$  merná indukčnosť [H/km]

$C$  merná kapacita [F/km]

$G$  merný zvod [S/km]       $G = 1/R_i$  ( $R_i$  ... izolačný odpor)

#### **Sekundárne parametre:**

$Z_c$  ... charakteristická impedancia [Ohm]

$\alpha$  ... merný útlm [dB/km]

### Útlm vedenia $A$ (attenuation)

Elektrické vedenie je homogénne vedenie s rovnomerne rozloženými elektrickými parametrami. Tieto elektrické parametre spôsobujú straty signálu, čo predstavuje zoslabenie prenášaného signálu.

Logaritmicky vyjadrený útlm sa udáva v dB a je závislý na frekvencii.

$$A = 20 \log (u_1 / u_2) \quad [\text{dB}]$$

$u_1$  ... úroveň signálu na začiatku  
 $u_2$  ... úroveň signálu na konci

$$A = \alpha \cdot l \quad [\text{dB}]$$

$\alpha$  ... merný útlm  
 $l$  ... dĺžka vedenia

### Merný útlm $\alpha$

Merný útlm je hodnota útlmu vyjadrená na dĺžkovú jednotku vedenia, Udáva sa dB na jednotku dĺžky [dB/m, dB/km].

**Útlum vedenia je možné zmenšiť zmenou primárnych parametrov :**

Zmenšením merného odporu  $R$ ,

- zväčšením priemeru vodičov
- použitím materiálu s menším merným odporom  $\rho$

zmenšením mernej kapacity **C**

- zväčšením vzdialenosti vodičov

- použitím izolačných materiálov s menšou hodnotou efektívnej permitivity

zväčšením hodnoty mernej indukčnosti **L**

- pupinačné metódy

### Fyzikálne javy ovplyvňujúce útlm vedenia

Tieto javy spôsobujú zvyšovanie merného odporu vedenia pri vyšších frekvenciách a tým aj útlmu.

#### ***Povrchový jav (skin efekt)***

Striedavý prúd pretekajúci vodičom vytvára magnetické pole, ktoré indukuje vírivé prúdy vo vodiči, ktoré bránia pretekaniu primárneho prúdu. Primárny prúd je vytláčaný k povrchu vodiča. Pri vysokých frekvenciách (nad 10 MHz) tečie prúd vodičom len tenkou vrstvou pri povrchu vodiča. Hrúbku tejto vrstvy je možné určiť zo vzorca:

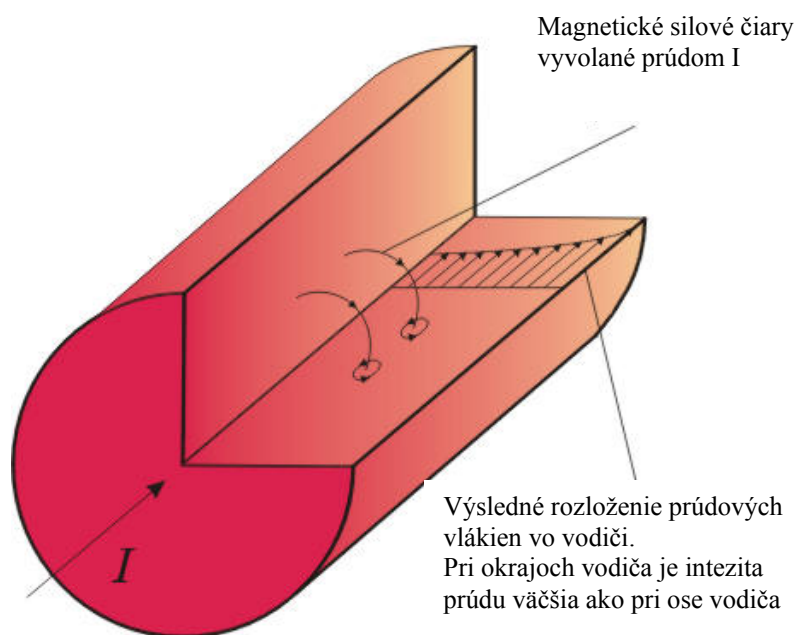
$$d_s = \sqrt{\frac{\rho}{f\pi\mu}}$$

$d_s$  ... je hrúbka vrstvy v mm,

$f$  ... je frekvencia v kHz,

$\rho$  ... je merný odpor vodiča v  $\Omega\text{mm}^2/\text{km}$  (pre Cu asi  $\rho = 17,241 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$ , pre Al  $28,21 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$ ),

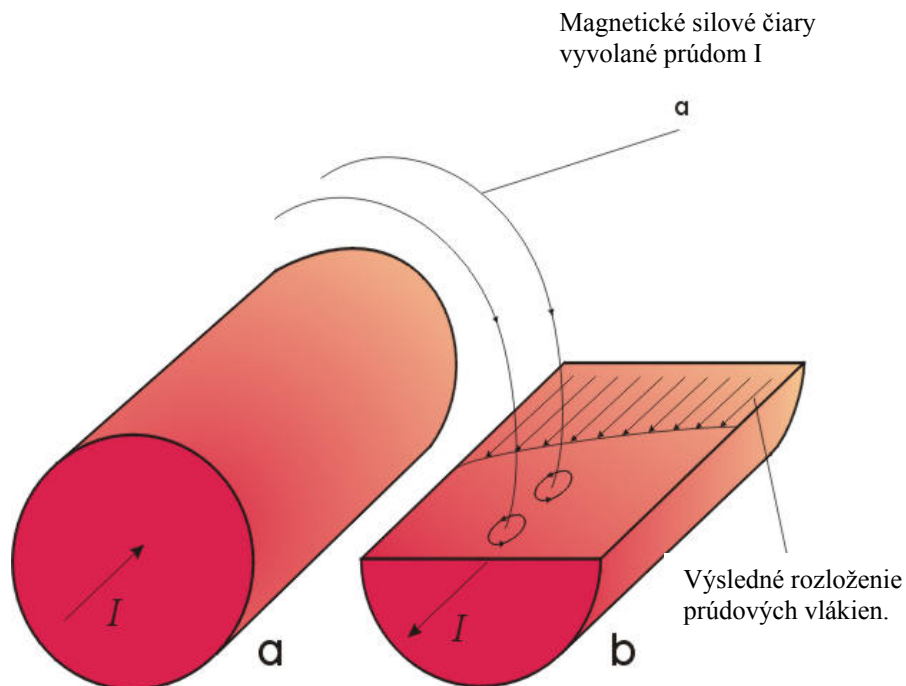
$\mu$  ... je magnetická permeabilita materiálu (pre Cu i Al je  $\mu = 1$ ).



#### ***Jav blízkosti***

Rovnako ako povrchový jav má jav blízkosti vplyv na rozloženie prúdovej hustoty vo vodiči a tým zväčšenie merného odporu pri vysokých frekvenciách.

Jav blízkosti sa prejavuje pri dvoch vodičoch vedenia, ktorými preteká prúd opačným smerom. Prúd vo vodiči **a** vyvolá magnetické siločiaru, ktoré pôsobia na susedný vodič **b** a vyvolajú zväčšenie prúdu na bližšej strane a zmenšenie prúdu na vzdialenejšej strane vo vodiči **b**.



### Vplyv teploty vedenia

Ďalším vplyvom na útlm vedenia je teplota vedenia. Vplyvom teploty narastá jednosmerný odpor. Závislosť jednosmerného odporu na teplote je daná nasledujúcim vzťahom:

$$R_v = R_{20} [1 + \sigma(v - 20)]$$

$R_v$  ... je jednosmerný odpor v  $\Omega$  pri teplote  $v$ ,

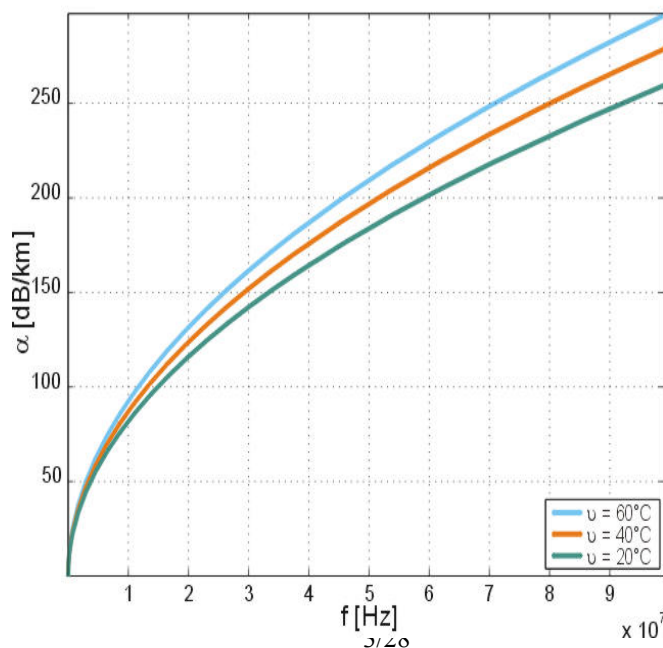
$v$  ... teplota vedenia v  $^{\circ}\text{C}$ ,

$R_{20}$  ... je jednosmerný odpor pri teplote  $v = 20^{\circ}\text{C}$  v  $\Omega$ ,

$\sigma$  ... je teplotný súčiniteľ - pre Cu  $\sigma = 0,004$  a pre Al  $0,0043$ .

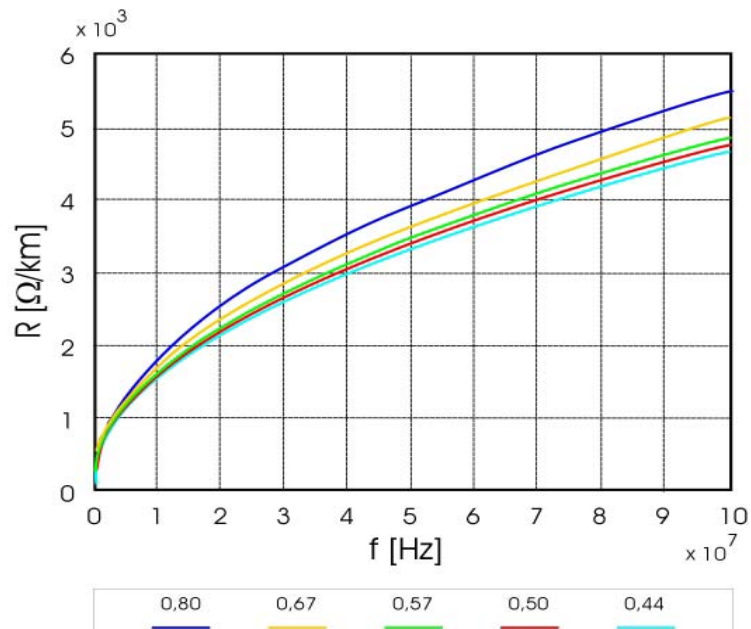
Príklad závislosti merného útlmu pre netienený Cu pár s priemerom jadra a žily 0,4 a 0,6 mm s izoláciou PE.

### Teplotná závislosť merného útlmu

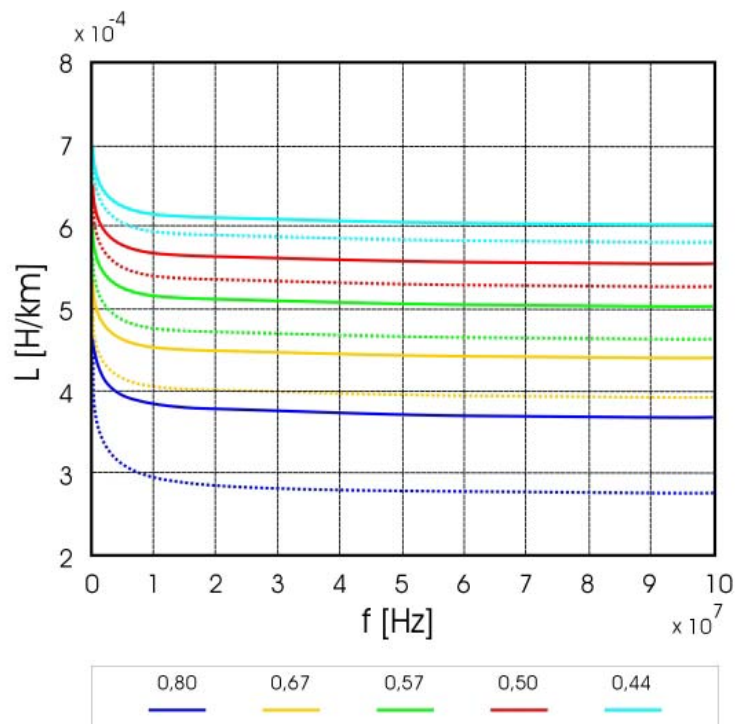


Nasledujúce obrázky ukazujú priebehy merného odporu a mernej indukčnosti symetrické ho páru s priemerom jadra 0,4 mm a rôznymi pomermi priemeru jadra  $d$  a vzdialenosti vodičov  $D$ . Rozsah frekvencií 0,1 MHz až 100 MHz.

### Priebeh merného odporu v závislosti na pomere $d/D$

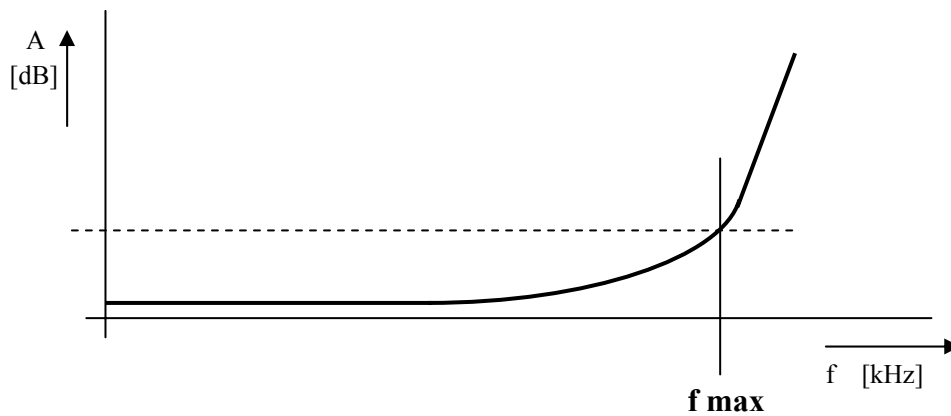


### Priebeh mernej indukčnosti v závislosti na pomere $d/D$



### Medzná frekvencia – $f_{\text{max}}$

Frekvencia signálu za ktorou útlm presahuje prípustnú toleranciu.



### Charakteristická impedancia vedenia $Z_c$

Je to odpor ktorý kladie vedenie postupujúcej vlny. Jej hodnota sa stanoví z primárnych parametrov vedenia:

$$Z_c = \sqrt{\frac{(R + j\omega L)}{(G + j\omega C)}} \quad [\Omega]$$

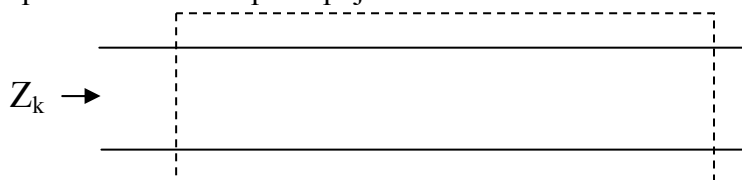
Charakteristická impedancia nie je závislá na dĺžke vedenia. Pre vysoké frekvencie platí  $\omega L \gg R$  a  $\omega C \gg G$ . Za tohto predpokladu je možné vyjadriť charakteristickú impedanciu v tvare:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad [\Omega]$$

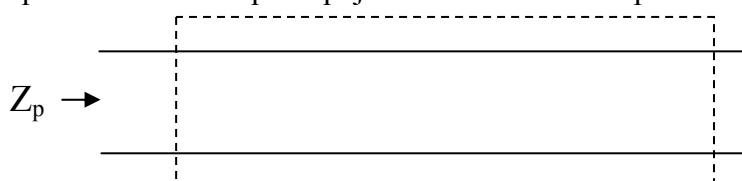
Z teórie dlhých vedení vyplýva nasledujúci vzťah, kedy je možné stanoviť  $Z_c$  ako geometrický priemer impedancií vedenia nakrátko a naprázdno.

$$Z_c = \sqrt{Z_k \cdot Z_p} \quad [\Omega]$$

$Z_k$  ... impedancia vedenia pri zapojení konca vedenia nakrátko



$Z_p$  ... impedancia vedenia pri zapojení konca vedenia naprázdno

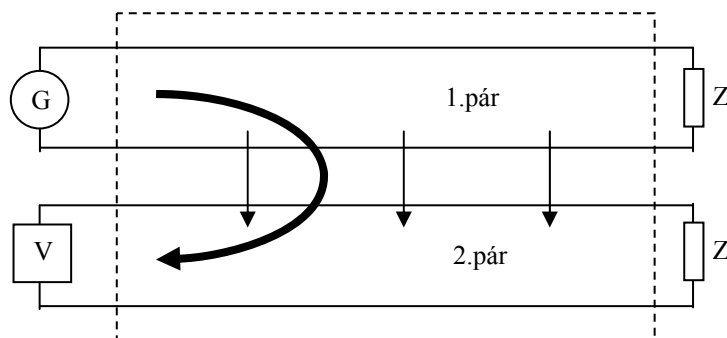


## Presluchové väzby

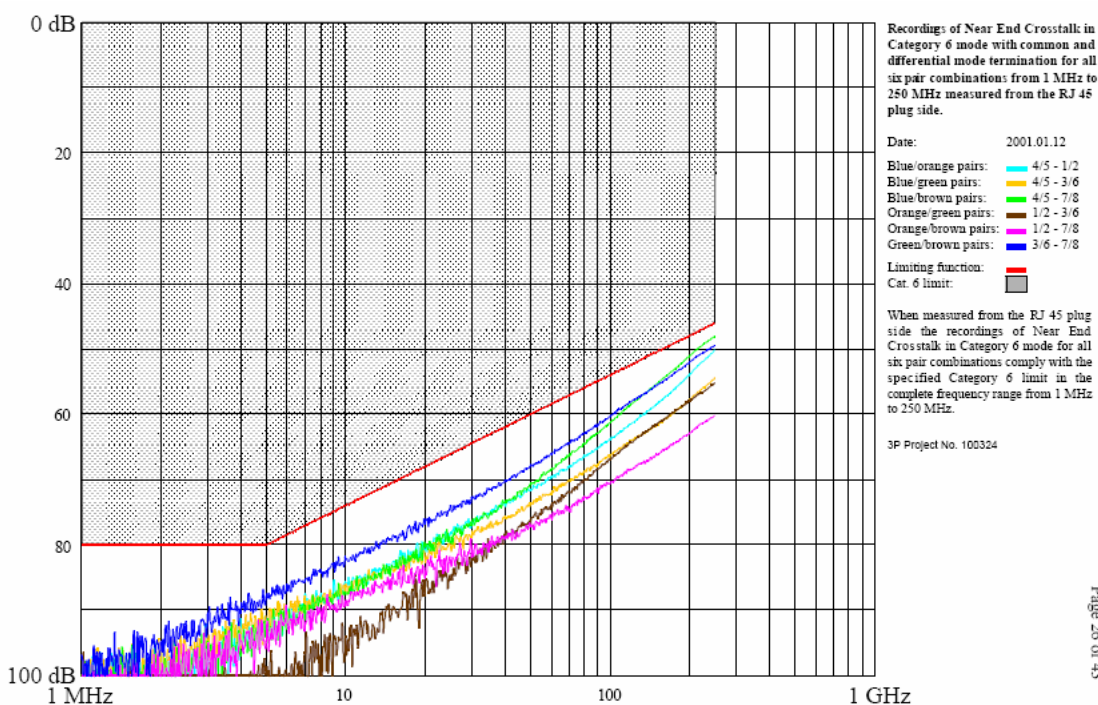
Znižujú odstup užitočného signálu od šumu. Vplyv vnútorných rušení je relatívne malý a spôsobený väčšinou tepelným (bielym) šumom. Popri vlastnostiach symetrického páru sa uplatňujú ďalšie vplyvy z okolia:

### **Presluch na blízkom konci NEXT (Near End Crosstalk)**

Pomer úrovni signálu indukovaných v ostatných pároch k signálu vysielanému do jedného z párov. Meranie sa vykonáva na rovnakom konci do ktorého sa signál vysielá [dB]. Hodnota je závislá na frekvencii signálu

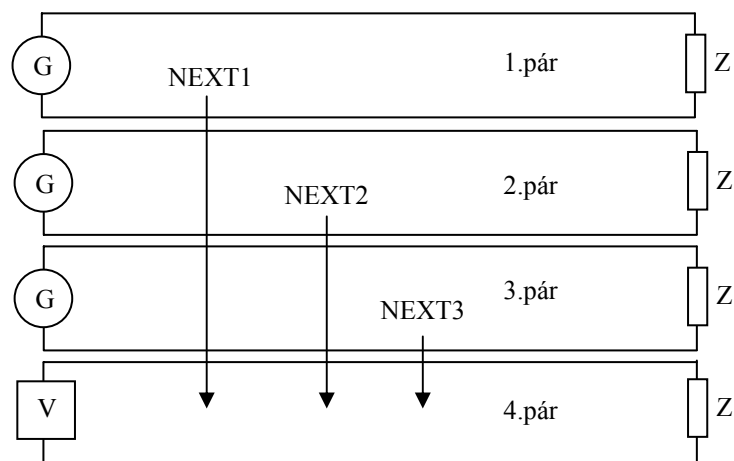


### **Parameter NEXT meraný na TP káblí cat 6 v rozsahu frekvencií 1 až 250 MHz.**

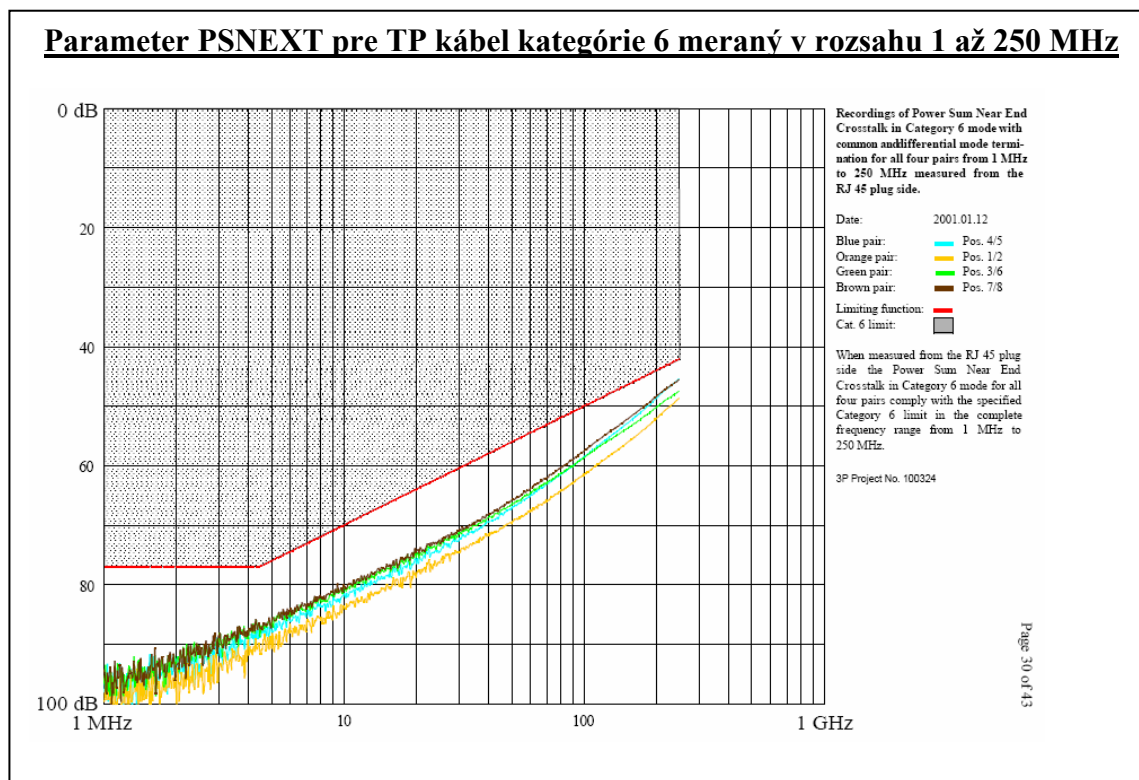


### **Výkonový súčet presluchu na blízkom konci PSNEXT (Power Sum NEXT)**

Vypočítavaný parameter vyjadrujúci výkonový súčet presluchu na blízkom konci NEXT, tj. koľko rušivého signálu v rámci jedného kábla prenikne do jedného z párov zo všetkých ostatných párov.



### Parameter PSNEXT pre TP kábel kategórie 6 meraný v rozsahu 1 až 250 MHz

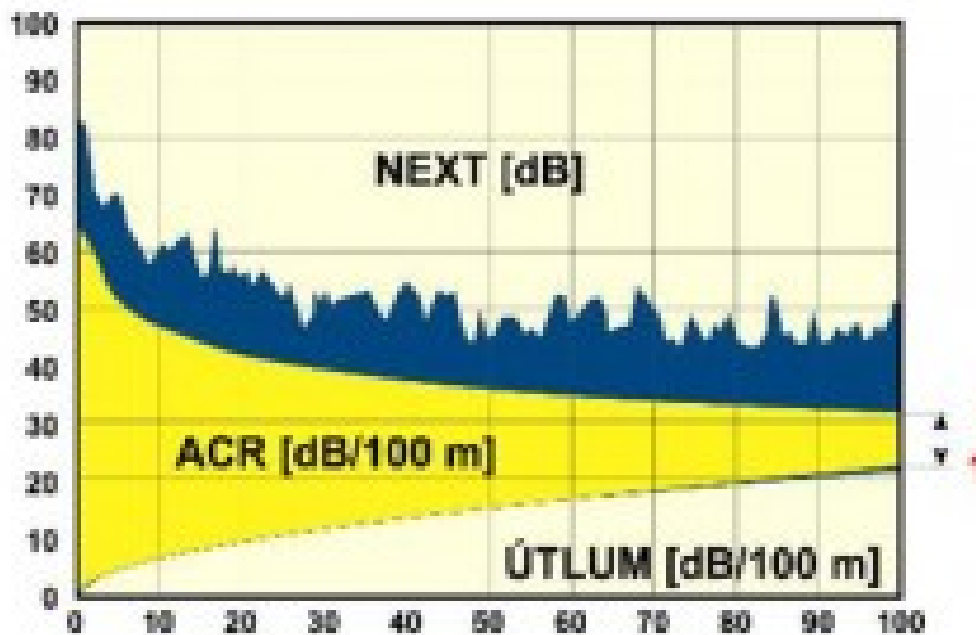


### **Odstup presluchu na blízkom konci ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio)**

Vypočítavaný parameter ako rozdiel parametra NEXT a útlmu A. Parameter ACR musí byť aspoň 10 dB inakšie je úroveň útlmu a presluchu tak blízko, že môže dôjsť ku strate signálu.

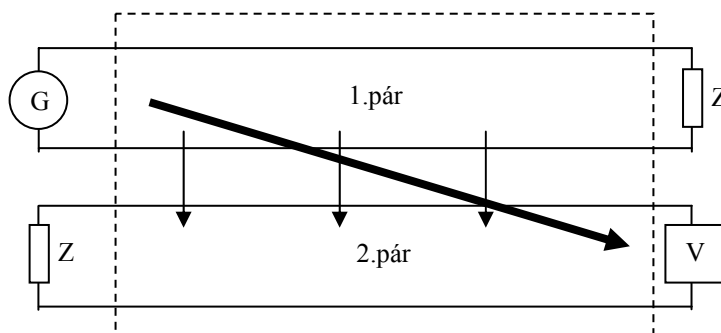
$$\text{ACR [dB]} = \text{NEXT [dB]} - \text{A [dB]}$$



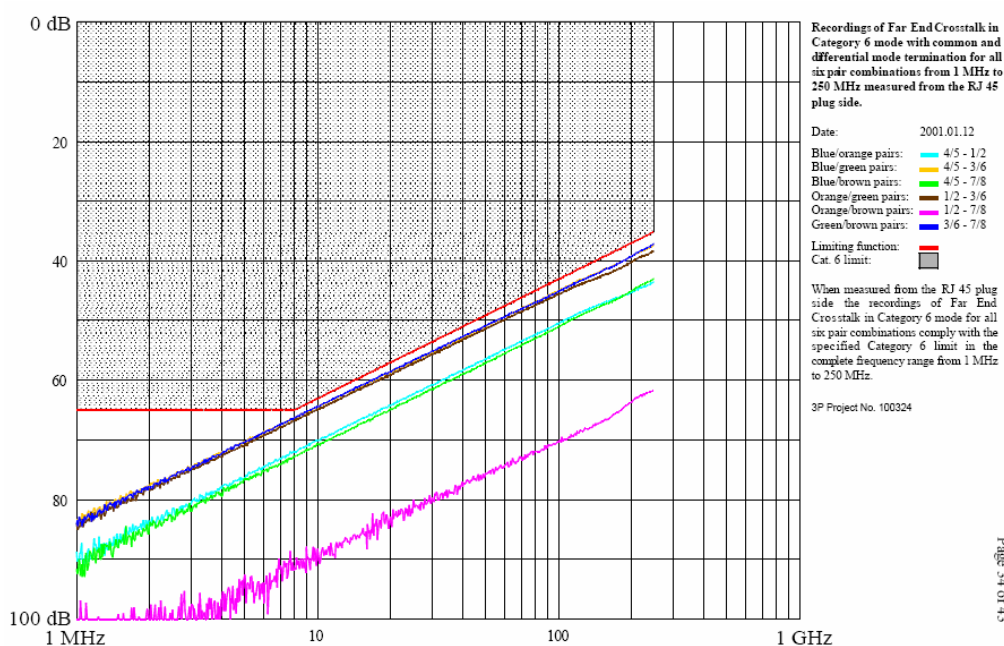


### Presluch na vzdialenom konci FEXT (Far End Crosstalk)

Pomer úrovni signálu indukovaných v ostatných pároch k signálu vysielanému do jedného z párov. Meranie sa vykonáva na opačnom konci do ktorého sa signál vysiela [dB]. Hodnota je závislá na frekvencii signálu.



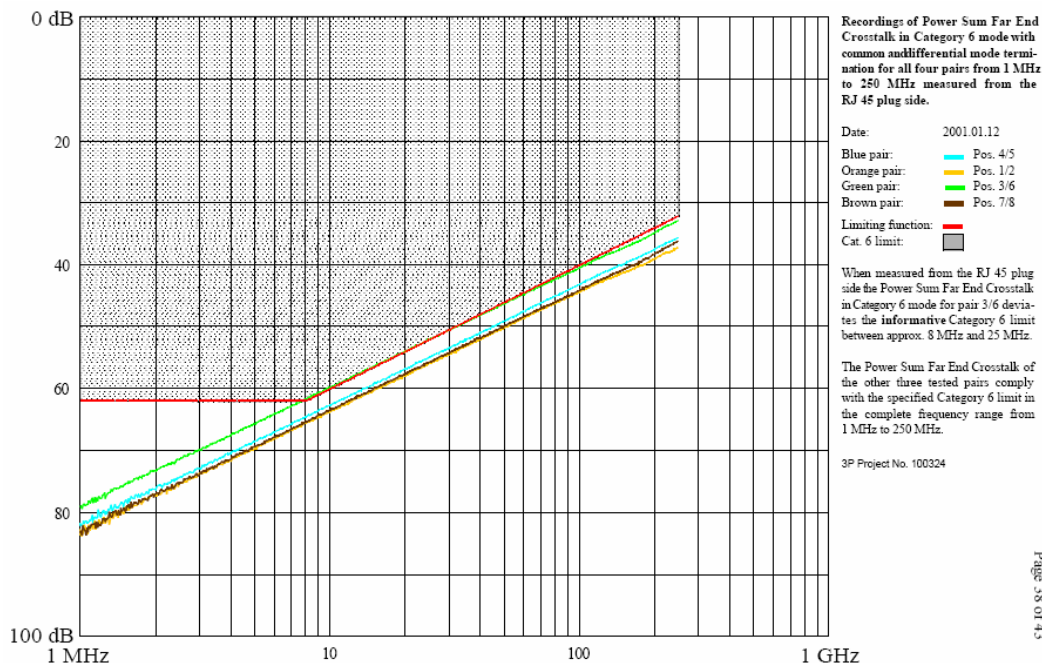
### Parameter FEXT pre TP kábel kategórie 6 meraný v rozsahu 1 až 250 MHz



## Výkonový súčet presluchu na vzdialenom konci PSFEXT (Power Sum FEXT)

Vypočítavaný parameter podobne ako parameter PSNEXT. Zdroj signálu a meranie sa vykonáva na opačných koncoch kábla.

### Parameter PSFEXT pre TP kábel kategórie 6 meraný v rozsahu 1 až 250 MHz



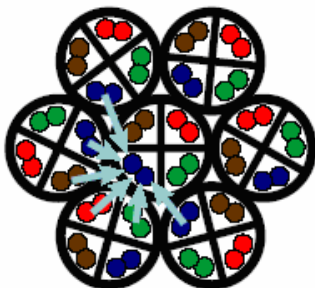
## Odstup presluchu na vzdialenom konci ELFEXT (Equal Level Far End Cross Talk)

Vypočítavaný parameter podobne ako parameter ACR

$$\text{ELFEXT [dB]} = \text{FEXT [dB]} - A \text{ [dB]}$$

## Cudzí presluch (Alien Crosstalk)

Cudzí presluch je jav vyvolaný medzi pármami zo susedných káblov a testovaným párom jedným z káblov.



Podobne ako pri meraní presluchu medzi pármí jedného kábla sa merajú a vypočítavajú cudzie presluchy *Alien NEXT*, *Alien FEXT*, *Power Sum Alien NEXT (PSANEXT)* a *Power Sum Alien FEXT (PSAFEXT)*.

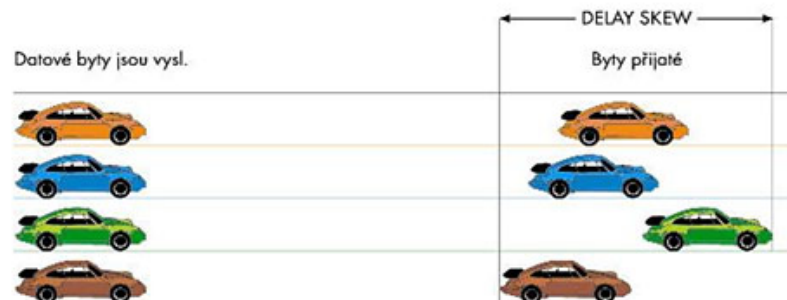
### Oneskorenie signálu - Propagation Delay

Oneskorenie signálu v kábli z jedného konca na druhý. U káblov kategórie 5 je typická hodnota 5ns/1m.

### Rozdiel oneskorenia - Delay Skew

Vyjadruje rozdiel oneskorenia Propagation Delay na najrýchlejšom a najpomalšom pári v kábli. Rozdiely v oneskorení signálu v jednotlivých pároch zapríčiňuje

- a/ rozdielna dĺžka párov
- b/ odlišnosti v materiáloch
- c/ úroveň rušenia



### Spätný odraz - Return Loss

Na impedančne neprispôsobených koncoch vedenia vznikajú odrazy signálu, ktoré znehodnocujú prenášaný signál. Dochádza k rušeniu pôvodného signálu.

## Káble

Kábel ako fyzické médium prenosu dát veľkou mierou vplýva svojimi parametrami na informačnú priepustnosť.

Obmedzujúce faktory pri prenose signálov sú:

- Útlm vedenia, spôsobený charakteristickými parametrami homogenného vedenia
- Presluchové rušenie spôsobené kapacitnými a indukčnými väzbami

### 1. Koaxiálny kábel (Coaxial Cable)

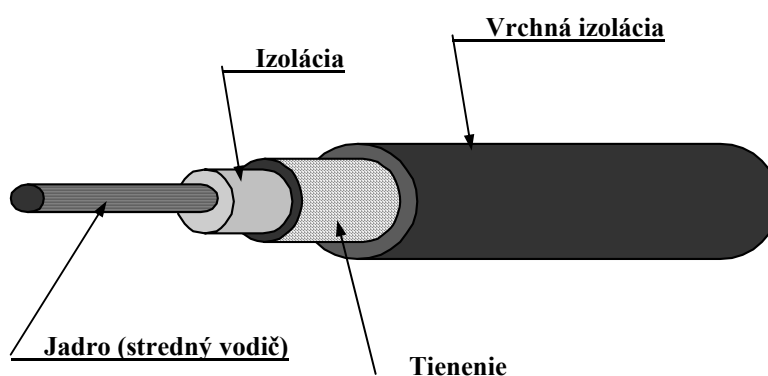
Jedným z najstarších káblov na prepájanie počítačov je koaxiálny kábel. Základom je medené jadro so sústrednými vrstvami izolácie a tienenia.

Charakteristická impedancia bežne používaných koaxiálnych káblov je 50 alebo 75 Ohm.

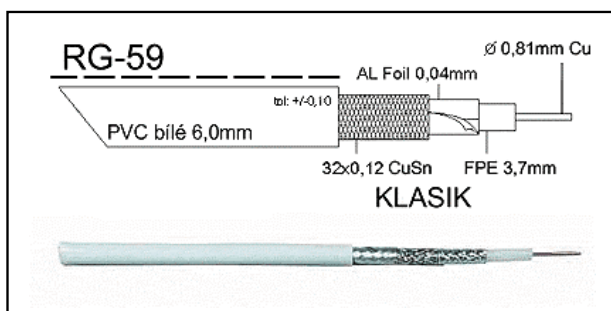
Koaxiálny kábel pre siete Ethernet sa používa v dvoch mechanických konštrukciách:

Názov	Typ	Doporučenie	Impedancia	Priemer	Rýchlosť prenosu	Konektor
hrubý Ethernet	RG-6	10Base5	50 Ohm	10 mm	10Mb/s	AUI Cannon 15pin
tenký Ethernet	RG-58	10Base2	50 Ohm	5 mm	10Mb/s	BNC

### Koaxiálny kábel



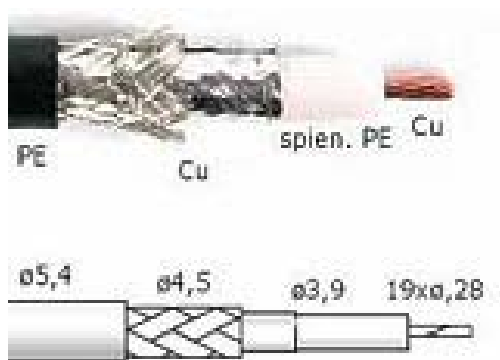
### Skutočná konštrukcia koaxiálneho kábla



Základné parametre:

Impedancia	75 ohm
Útlm na 2,4 GHz	0,35 dB/m
Vonkajší priemer	7 mm

### Koax. kábel H155 PE



Základné parametre:

Impedancia	50 ohm
Útlm na 2,4 GHz	0,5 dB/m
Vonkajší priemer	5 mm
Max. dĺžka pripojenia	10 m

### Koax. kábel H1000 PVC



Parametre:

Impedancia	50 ohm
Útlm na 2,4 GHz	0,22 dB/m
Vonkajší priemer	10 mm
Max. dĺžka pripojenia	20 m

### Koax. kábel so vzduchovým dielektrikom



## 1.1 Koaxiálne konektory

### BNC konektor (Bayonet Naur Connector)

Konektor používaný pre koaxiálne káble RG58 v Ethernetových sieťach 10Base 2. Na zaistenie konektora sa používa bajonetový závit.

#### Konektory BNC a TBNC



### Konektory N

Konektory vhodné na koaxiálne káble H125, H155, H1000, RLA10, RG 213

#### Konektor N - female (samička)



#### Konektor N - male (samček)



#### Postup konektorovania konektora N - male



## **Konektory SMA**

Koaxiálne konektory používané na pripojenie koaxiálneho kábla do PCI karty WiFi. Vhodné pre káble H125, H155, RG58.

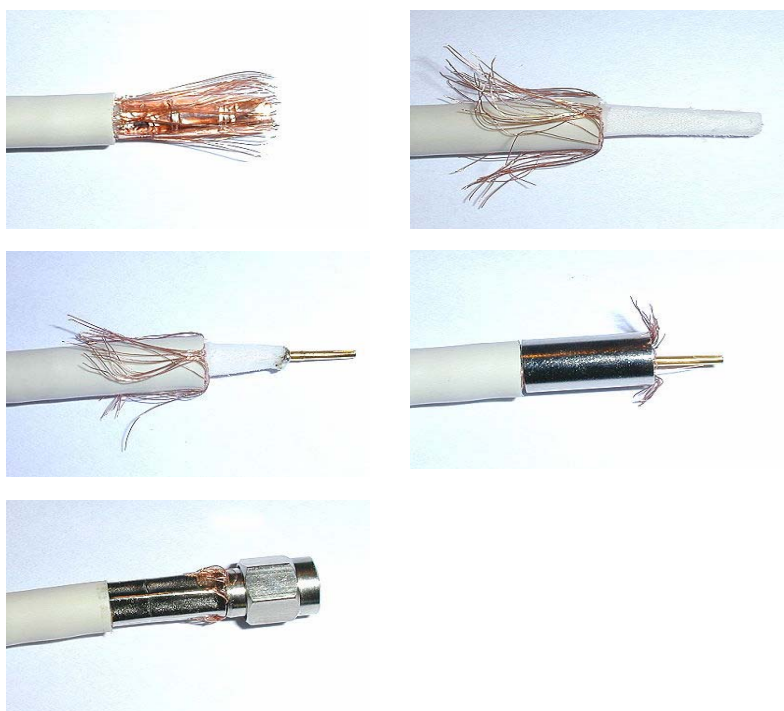
**Konektor SMA - female**



**Konektor SMA - male**



### **Postup konektorovania konektora SMA**





## 2. Káble s krúteným párom - TP (Twisted Pair Cable)

Technológia krúteného páru vychádza s elektromagnetických vlastností vodičov, ktorými prechádza tok elektrónov. Okolo takéhoto vodiča sa vytvára elektromagnetické pole, ktoré pri viac vodičovom kábly pôsobí rušivo na ostatné vodiče (elektromagnetická indukcia).

Vzájomným skrútením dvoch vodičov rovnakého elektrického okruhu (páru) sa ich magnetické účinky vzájomne potlačia, lebo ich magnetické polia pôsobia proti sebe. Týmto spôsobom sa eliminujú vzájomné rušenia medzi párami v rámci kábla.

Krútený pár



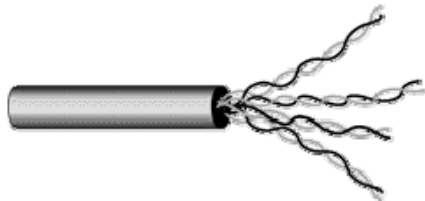
Krútená dvojlinka je odvodená od telefónneho kábla a je najrozšírenejším káblom v sieťach LAN. Tento typ kabeláže sa používa v hviezdicovej topológii sietí.

Káble TP sa vyrábajú v dvoch vyhotoveniach – netienené a tienené:

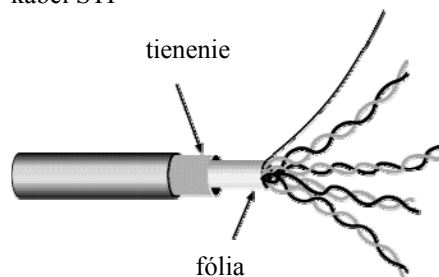
**Netienená krútená dvojlinka – UTP (Unshielded Twisted Pair)**

**Tienená krútená dvojlinka – STP (Shielded Twisted Pair)**

kábel UTP



kábel STP



Reálna konštrukcia TP káblov

UTP



FTP



STP



Niektoré parametre UTP kábla:

priemer	5 mm
charakteristická impedancia	100 Ohm
odpor kábla	80 Ohm/km
kapacita kábla	50 pF/m



### Klasifikačný systém pre medené káble podľa AWG (American Wire Gauge)

AWG	Priemer [mm]	Prierez [mm <sup>2</sup> ]	Odpor vodiča [Ohm/km]	AWG	Priemer [mm]	Prierez [mm <sup>2</sup> ]	Odpor vodiča [Ohm/km]
500	17.96	253	0.07	16	1.29	1.31	14.7
350	15.03	177	0.1	18	1.024	0.823	23
250	12.7	127	0.14	20	0.813	0.519	34.5
4/0	11.68	107.2	0.18	22	0.643	0.324	54.8
3/0	10.4	85	0.23	24	0.511	0.205	89.2
2/0	9.27	67.5	0.29	26	0.405	0.128	146
1/0	8.25	53.5	0.37	28	0.32	0.0804	232
1	7.35	42.4	0.47	30	0.255	0.0507	350
2	6.54	33.6	0.57	32	0.203	0.0324	578
4	5.19	21.2	0.91	34	0.16	0.02	899
6	4.12	13.3	1.44	36	0.127	0.0127	1426
8	3.26	8.37	2.36	38	0.102	0.00811	2255
10	2.59	5.26	3.64	40	0.079	0.00487	3802
12	2.05	3.31	5.41	42	0.064	0.00317	5842
14	1.63	2.08	8.79	44	0.051	0.00203	9123

Špecifikácia EIA/TIA 568 (Electronics Industries Association / Telecommunications Industry Association) sa zaoberá metódami budovania a inštaláciou kabeláže. Zahŕňa aj farebné značenie a zapájanie TP káblov. Existujú dve špecifikácie 568A a 568B.

#### T568A


1. bielo-zelená
2. zelená
3. bielo-oranžová
4. modrá
5. bielo-modrá
6. oranžová
7. bielo-hnedá
8. hnedá

#### T568B

1. bielo-oranžová
2. oranžová
3. bielo-zelená
4. modrá
5. bielo-modrá
6. zelená
7. bielo-hnedá
8. hnedá

### **2.1 Farebné označenie párov v TP kábloch:**

Jednotlivé páry sú zložené z prvého farebného vodiča a druhého vodiča bieleho v kombinácii s farbou prvého vodiča. Používané farby podľa nasledujúcej tabuľky:

Farebné značenie párov TP kábla a prenášané signály					
					
Pár	Vodič1	Signál	Vodič2	Signál	Funkcia
2. oranžový (orange)	oranžová o	-TD	bielooranžová b/o	+TD	Vysielanie dát
3. zelený (green)	zelená z	-RD	bielozelená b/z	+RD	Príjem dát
1. modrý (blue)	modrá m		bielomodrá b/m		nepoužitý u Fast Ethernetu
4. hnedý (brown)	hnedá h		bielohnedá b/h		nepoužitý u Fast Ethernetu

Špecifikácia káblov podľa TIA/EIA rozdeľuje TP káble s krúteným párom do kategórií.  
Špecifikácia fyzických káblov určuje rýchlosť spoľahlivého prenosu dát.

Kvalita káblov je závislá na:

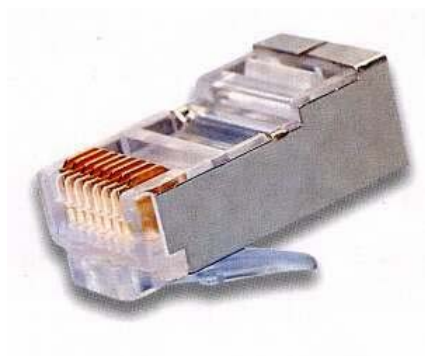
- a/ spôsobe krútenia páru v kábli
- b/ kvalite materiálu kovového Cu jadra vo vodiči
- c/ kvalite izolácie celého kábla
- d/ konštrukcii a kvalite káblových konektorov

<u>Špecifikácia štandardov pre UTP káble podľa TIA/EIA</u>		
Kategória (Cat)	Trieda	Popis
TIA/EIA 568 rok 1991		
1		Telefónny kábel – nevhodný na dátové prenosy < 1 MHz
2	A	4 krútené páry 4 MHz 4 Mb/s
3	B	4 krútené páry (3 otáčky na stopu) - počítačové siete, telefónne rozvody 16 MHz 10 Mb/s Ethernet 10BaseT
4	C	4 krútené páry - počítačové siete Token Ring 20 MHz 16 Mb/s
TIA/EIA 568 A rok 1995		
5	D	4 krútené páry (8 otáčok na stopu) 100 MHz 100 Mb/s počítačové siete Fast Ethernet
TIA/EIA 568 B rok 2001		
5e Enhanced		4 krútené páry (8 otáčok na stopu) vyššia kvalita materiálu 1 G Ethernet 100 MHz 1000 Mb/s
TIA/EIA 568 B.2.1 rok 2002		
6	E	garantovaná šírka pásma do 250 MHz
6a		garantovaná šírka pásma do 500 MHz 10 Gb/s
7	F	garantovaná šírka pásma do 900 MHz 10 Gb/s

## 2.2 Konektory

Na pripojenie TP káblov sa používajú 8 pinové konektory typu **RJ45**.

Detail konektora RJ45



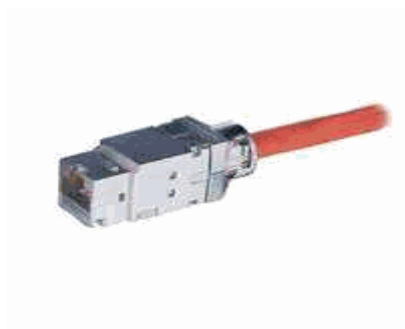
Obrázok konektora RJ –45 s TP káblom



Káble TP sa vyrábajú v prevedení lanko alebo drôt, preto konektory RJ 45 sa tiež vyrábajú v týchto dvoch prevedeniach a vzhľadom na káble tienené a netienené tiež v dvoch vyhotoveniach.

Káble kategórie 7 vzhľadom na svoju konštrukciu tienenia i jednotlivých párov vyžadujú nové konektory. Požívajú sa konektory GC45 a TERA konektor

**Konektor GC45**



**TERA konektor**



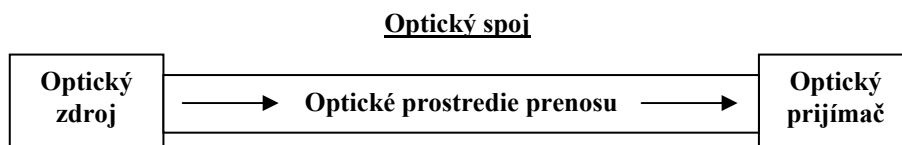
### 3. Optický kábel (Fiber Optic Cable)

Optický kábel ako už z názvu vyplýva pracuje na inom fyzikálnom princípe ako predchádzajúce metalické káble. Dáta sa prenášajú svetelnými impulzami v priesvitných optických vláknach. Kábel obsahuje minimálne dve vlákna. Jedno vlákno pre jeden smer prenosu. Konštrukcia kábla sa skladá z niekoľkých vrstiev na mechanickú ochranu vlákien. Elektrické tienenie nie je potrebné, nakoľko sa jedná o fyzikálne odlišný spôsob prenosu necitlivý na elektromagnetické interferencie.

#### 3.1 Optický spoj

Optický spoj je tvorený optickým vláknom vyrobeným na báze kremíka alebo plastu. Toto optické médium je chránené primárnou a sekundárnou ochranou. Takáto konštrukcia sa označuje ako optické vlákno.

Optické vlákno doplnené o optický zdroj a optický prijímač nazývame- **optický spoj**. Optický spoj je odolný proti vonkajším rušivým signálom a ani sám vzhľadom na fyzikálny princíp navytvára rušivé elektromagnetické pole.



**Optický zdroj** ... zdroj svetelného žiarenia zaisťuje premenu elektrického signálu na optické žiarenie určitej vlnovej dĺžky

laser – koherentné žiarenie vhodné pre jednovidové vlákna

luminiscenčná dióda (LED) – nekoherentné žiarenie pre viacvidové vlákna

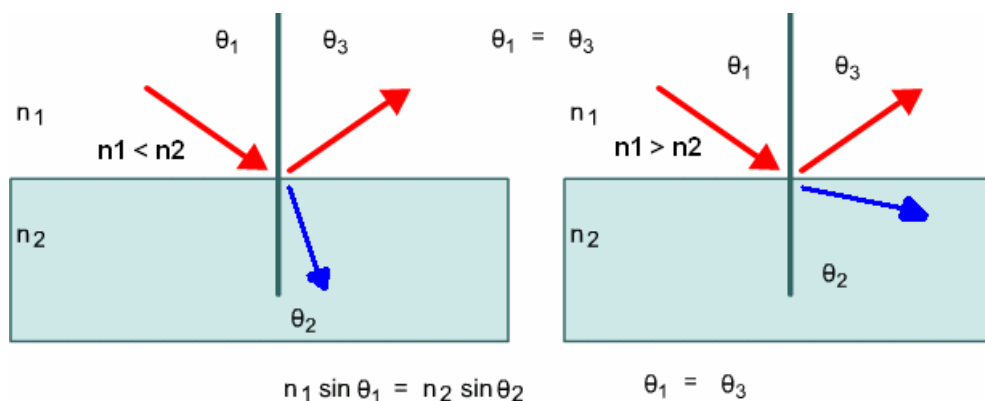
**Optické prostredie** ... tvorené optickým vláknom na báze kremíka (sklo), alebo svetlo vodivého plastu.

**Optický prijímač** ... zaisťuje premenu optického signálu na signál elektrický. Vo veľkej miere ovplyvňujú odstup signálu od šumu na strane prijímača.

#### 3.2 Odraz a lom svetla

Celý princíp prenosu svetla optickým vláknom je založený na fyzikálnej podstate odrazu a lomu svetla na rozhraní dvoch prostredí s rôznym indexom lomu svetla.

##### Odraz a lom svetla

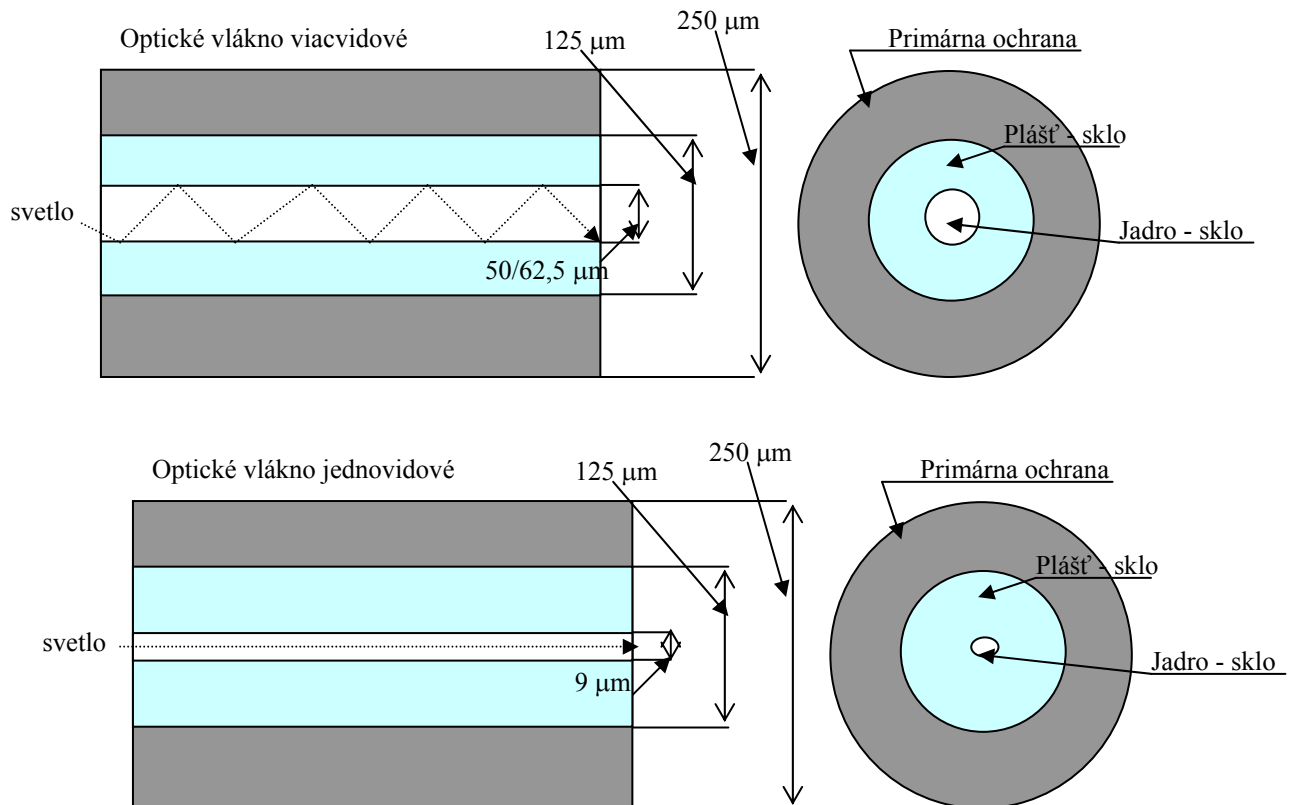


Pri vhodnom uhle dopadajúceho svetla na optické rozhranie dôjde k totálnemu odrazu svetla do prostredia z ktorého dopadá. Táto skutočnosť je využitá v optických vláknach, kedy jadro má väčší index lomu ako plášť. Svetlo musí byť privedené do vlákna pod určitým uhlom. Uholový rozsah od osi jadra pre ktorý platí, že svetlo vo vnútri vlákna sa bude totálne odrážať sa nazýva **numerická apertúra vlákna**.

### 3.3 Optické vlákno

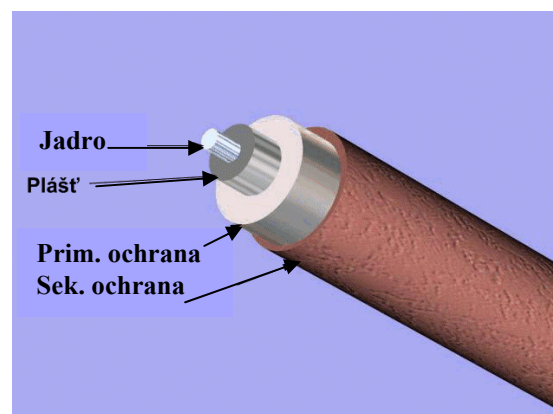
Optické vlákno je simplexný spoj. Jedným optickým vláknom sa svetlo šíri jedným smerom. Pre druhý smer prenosu je potrebné druhé optické vlákno.

#### Konštrukcia vlákna



Optické vlákno sa skladá z jadra, plášťa, primárnej a sekundárnej ochrany. Index lomu jadra je väčší ako index lomu plášťa. Takto vzniknuté optické rozhranie je predpokladom šírenia svetla optickým vláknom.

#### Optické vlákno



### 3.4 Šírenie svetla optickým vláknom

Podľa spôsobu šírenia svetla optickým vláknom rozdeľujeme vlákna na:

#### **a/ Viacvidové vlákna (multimode) – priemer jadra 50/62,5 $\mu\text{m}$ . (50/125 a 62,5/125)**

Vo viacvidových vláknoch sa signál šíri vláknom vo viacerých vidoch (módoch). Jedná sa o širšie spektrum žiarenia.

Podľa zmeny indexu lomu v závislosti od osi vlákna hovoríme o profiloch indexu lomu. Podľa tohto profilu delíme vlákna na:

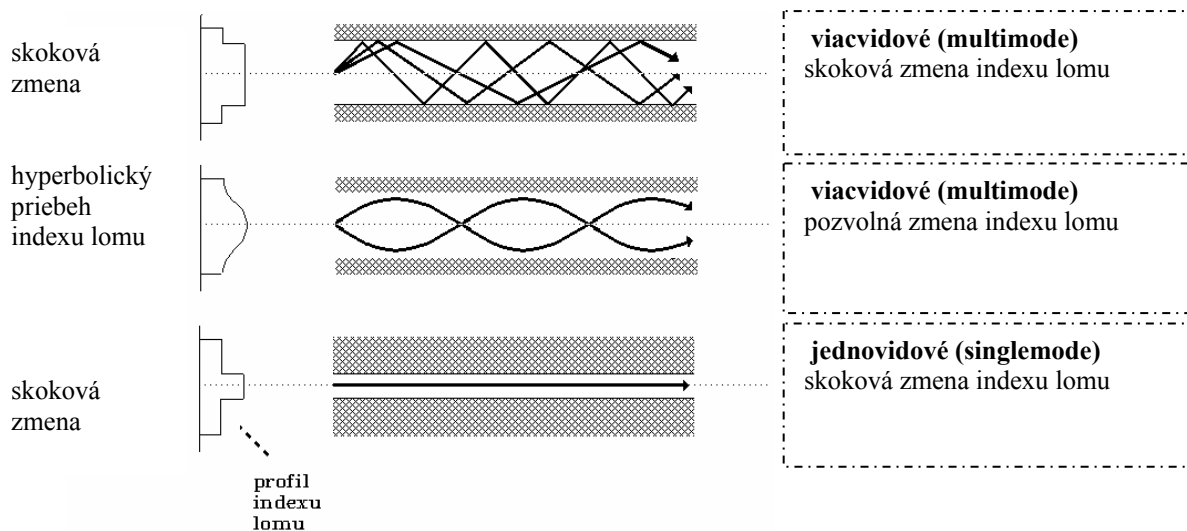
- Viacvidové so skokovou zmenou indexu lomu – Skokové (step index)
- Viacvidové s pozvolnou zmenou indexu lomu – Gradientné (gradient index)

Vyšší útlm týchto vlákien predpokladá použitie na kratšie vzdialenosti

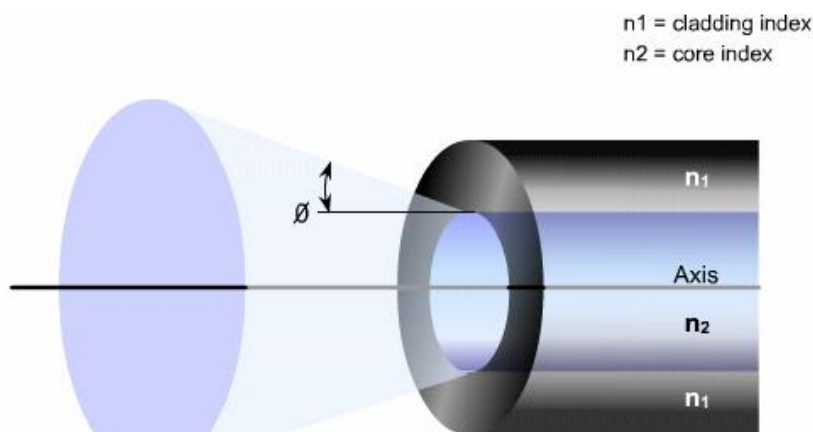
#### **b) Jednovidové vlákno (singlemode) – priemer jadra 9 $\mu\text{m}$ . (9/125)**

Svetlo budené laserom sa šíri v tenkom vlákne rovnobežne s rozhraním. Malý útlm týchto vlákien umožňuje prenos optického signálu na vzdialenosti jednotiek až desiatok km

#### **Typy optických vlákien podľa spôsobu šírenia svetla**



#### **Numerická apertúra vlákna**



### 3.5 Straty v optických vláknach

Útlm v optických vláknach je spôsobený niekoľkými faktormi. Prenosové parametre sú závislé od použitého materiálu, jeho čistoty a na geometrických a fyzikálnych vlastnostiach vlákna.

Faktory spôsobujúce útlm optického vlákna:

- **rozptyl (scattering)**

Rozptyl svetla vo vnútri vlákna, spôsobený mikroskopickými deformáciami, ktoré rozptyľujú a odrážajú energiu paprsku

- **materiálová absorpcia**

Pri prechode paprsku chemickými nečistotami vo vlákne sa mení časť energie na teplo a tým dochádza ku stratám.

- **vlastná absorpcia** .. daná štruktúrou SiO<sub>2</sub>

- **nevlastná absorpcia** ... spôsobená nečistotami v SiO<sub>2</sub>

- **disperzia**

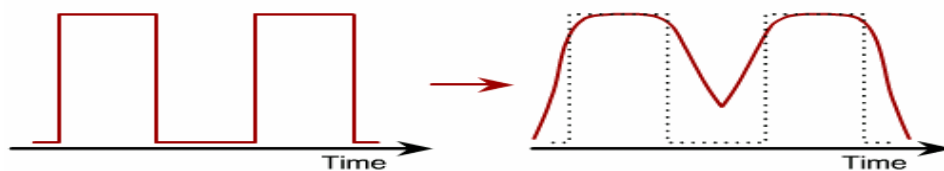
Optické vlákno je disperzné prostredie. Vlákno vykazuje rôzne vlastnosti pre rôzne vlnové dĺžky a vidy optického žiarenia. Disperzia sa prejavuje rôznymi spôsobmi:

**a/ vidová disperzia.** ... rôzne vidy majú rôznu rýchlosť šírenia vláknom

**b/ chromatická disperzia** ... rôznu rýchlosť majú aj rôzne spektrálne zložky toho istého vidu

**c/ polarizačná vidová disperzia** PMD (Polarisation Mode Dispersion)...

Vplyvom disperzie dochádza ku skresleniu (deformácii) tvaru impulzu. Skreslením sa rozumie sníženie amplitúdy a zmena tvaru v čase.



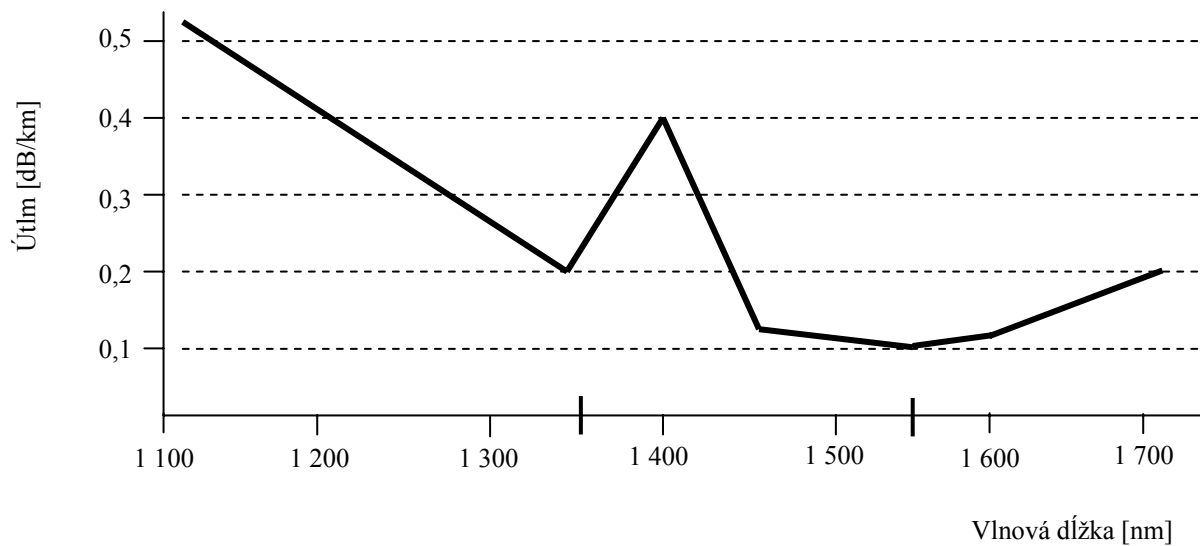
Disperzia v optickom vlákne

- **ohyb**

- mikroskopický ohyb – deformácia plášťa

- makroskopický ohyb – ohyb vlákna

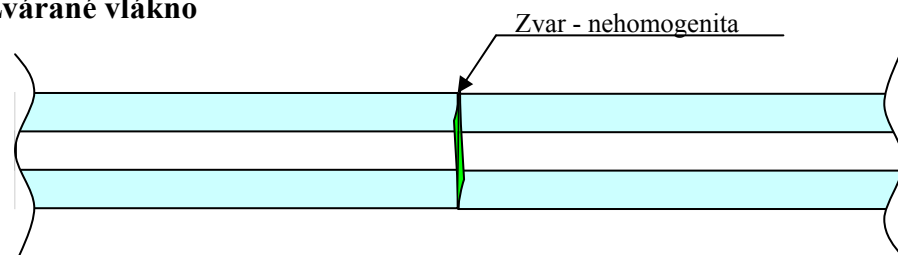
Vlákná vykazujú malý merný útlm pre určité vlnové dĺžky napr. 850 nm, 1300 nm a 1500 nm. Tieto vlnové dĺžky sú vhodné na budenie optického signálu. Miestam s nízkym útlmom sa hovorí „okná“ a využívajú sa na budenie optického vlákna.



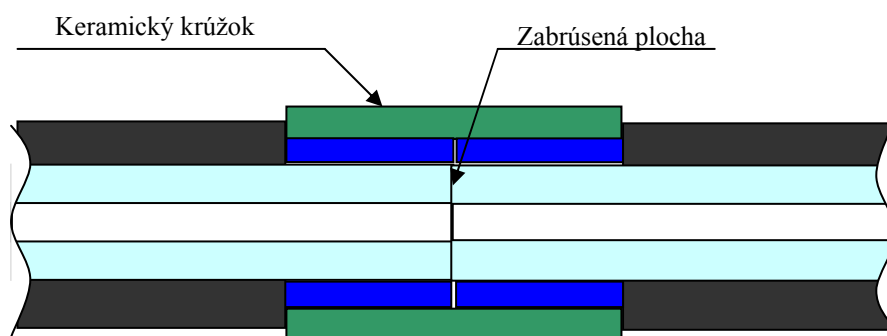
### 3.6 Technológia spájania optických vlákien, optické konektory

- Zváranie vlákien – vnáša nehomogenitu do spojov, čo spôsobuje veľký útlm.
- Spájanie optickým konektorom – technológia spájania presným zabrúsením spájaných plôch.

#### Zvárané vlákno

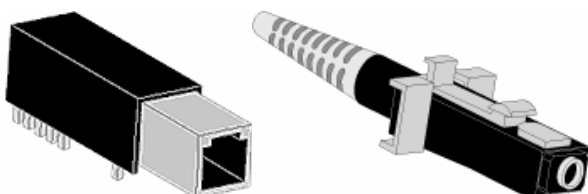


#### Optický konektor

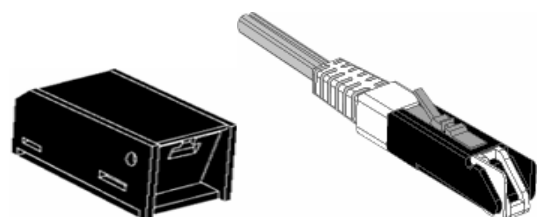


### Optické konektory

#### Optický konektor MT-RJ

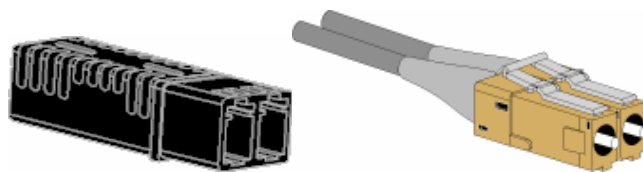


#### Optický konektor VF-45

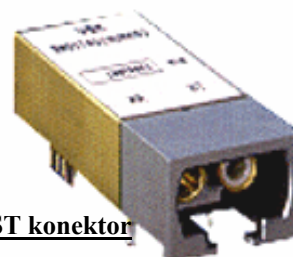




### Optický konektor LC



### Optický konektor MRV (Fiber Jack)



### SC konektor

### Optický konektor



### ST konektor



### Optické konektory SC



### Optické bajonetové ST konektory



## 3.7 Optické zdroje

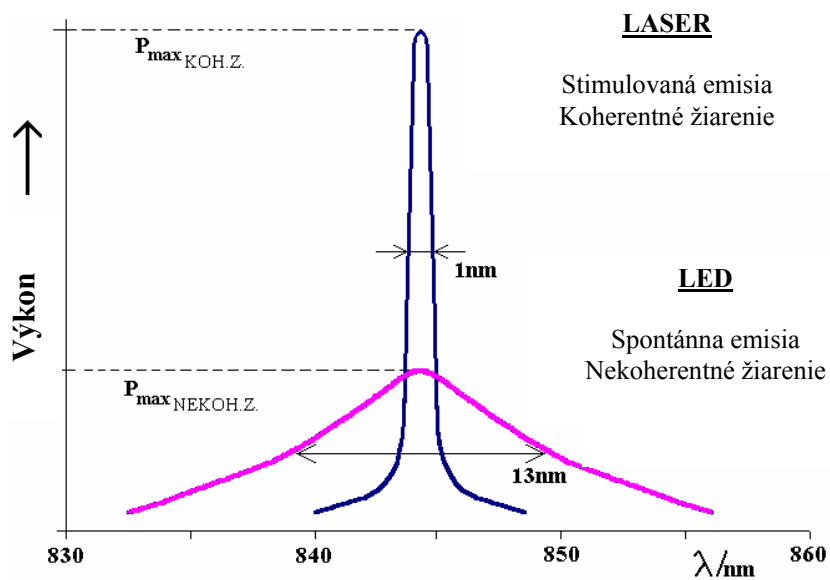
*Na generovanie svetla pre budenie optických vlákien sa používajú:*

### **a/ Luminiscenčné diódy (LED - Light Emitting Diode)**

LED dióda je zdrojom nekoherentného žiarenia, emitovaného tzv. spontánnou emisiou.

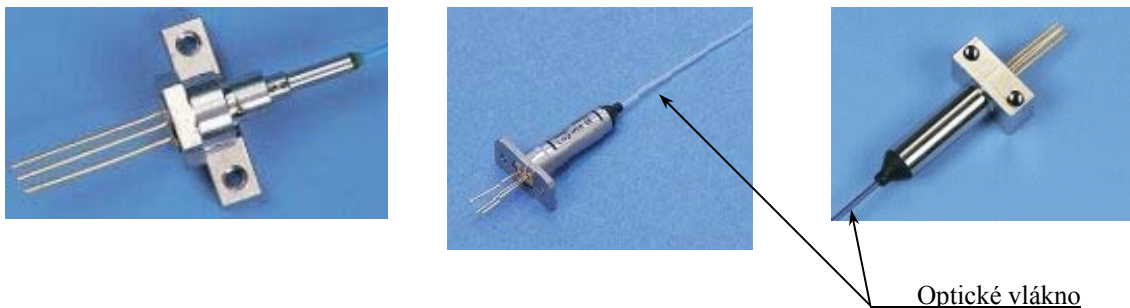
### **b/ Laserové diódy (LFD)**

Laserové diódy pracujú na princípe tzv. stimulovanej emisie žiarenia, kedy vzniká koherentné žiarenie s vysokou energiou v porovnaní so žiarením LED diódy

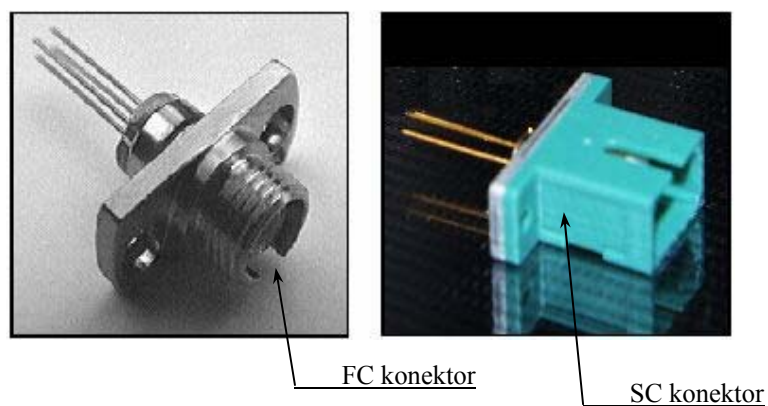


Laserové diódy prevádzajú elektrický signál v podobe modulačného elektrického prúdu na zodpovedajúce optické žiarenie, ktoré je vhodnou technológiou nadviazané na optické vlákno.

#### Laserové diódy s privareným optickým vláknom



#### Laserové diódy s konektorom pre optické vlákno



*Na príjem svetla a jeho premenu na elektrický signál sa používajú:*

polovodičové fotodiódy PIN alebo LFD



Modul pre vysielanie a príjem optického signálu s laserovou diódou ako vysielateľom a PIN diódou ako prijímačom

### 3.8 Optické káble

Obdobne ako u metalických káblov, ktoré sa skladajú z metalických žíl sa z optických vlákien skladajú optické káble. Použité optické vlákna, ich počet a konečná konštrukcia kábla určujú parametre optického kábla.

Niektoré vlastnosti kábla:

- počet vlákien v kábli
- merný útlm pre vlnovú dĺžku
- pevnosť v ťahu
- ohybové vlastnosti (max. polomer ohybu)

Výhody optických káblov:

- prenos dát na veľké vzdialenosti (kilometre)
- vysoká rýchlosť prenášaných dát (Gb/s)
- absolútna odolnosť proti elektromagnetickému rušeniu
- vysoká bezpečnosť prenášaných dát (nemožnosť odpočúvania)
- galvanické oddelenie systémov

Nevýhody:

- vyššia cena technológie oproti metalickým káblom

K optickým káblom sa musia používať prevodníky a konvertory na napojenie na metalické technológie.

## Praktické ukážky optických káblov:

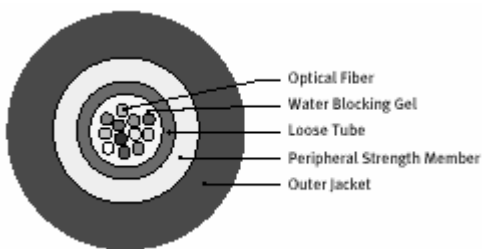
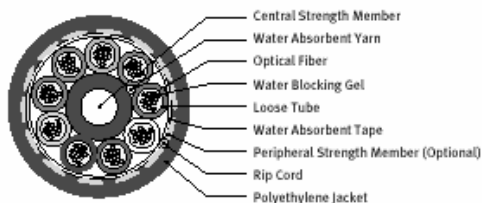


Popis:

Ukážka viacvláknového optického kábla

Použitie:

Kábel určený na prepájanie medzi budovami v komplexe budov.  
Vytváranie LAN sietí



Popis:

Počet vlákien 2 až 144 podľa typu  
Teplota -20 až +70 °C  
Ohyb kábla 15x priemer  
Sekundárna ochrana 900 mikróvov  
Vlákná single alebo multimode podľa typu

Použitie:

Optické spoje v rámci budovy a medzi budovami – LAN siete

