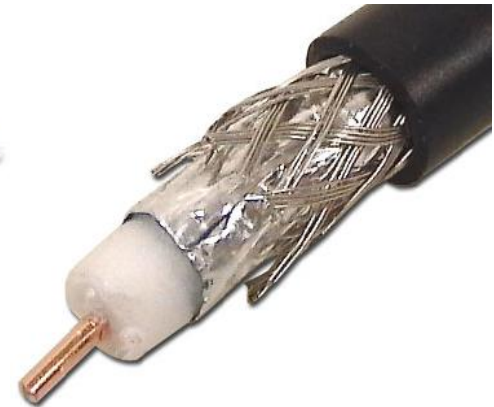
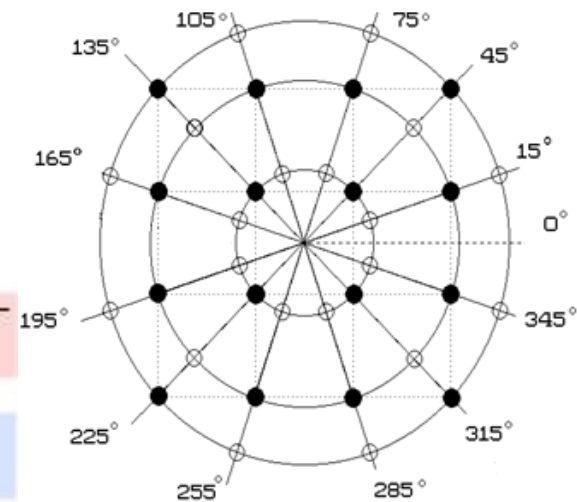
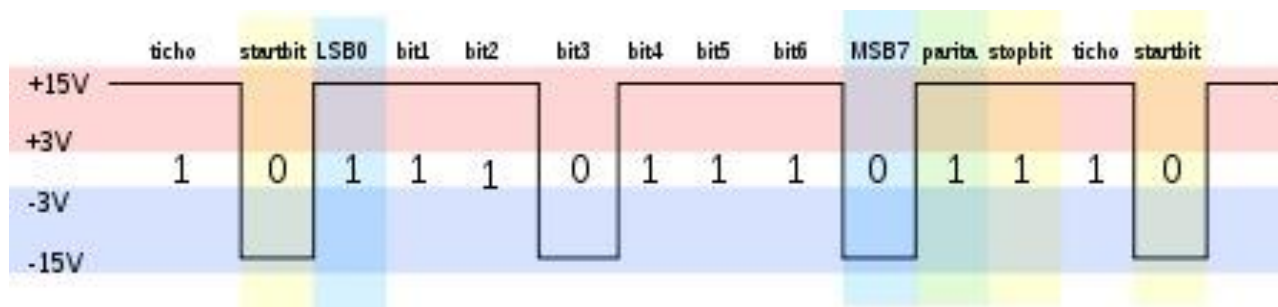


11. prednáška



Fyzická vrstva ISO/OSI



Úloha fyzickej vrstvy

□ v danom prenosovom médiu (komunikačný kanál) preniesť od vysielača k prijímaču prúd bitov (binárne dáta)

□ už nás nezaujíma:

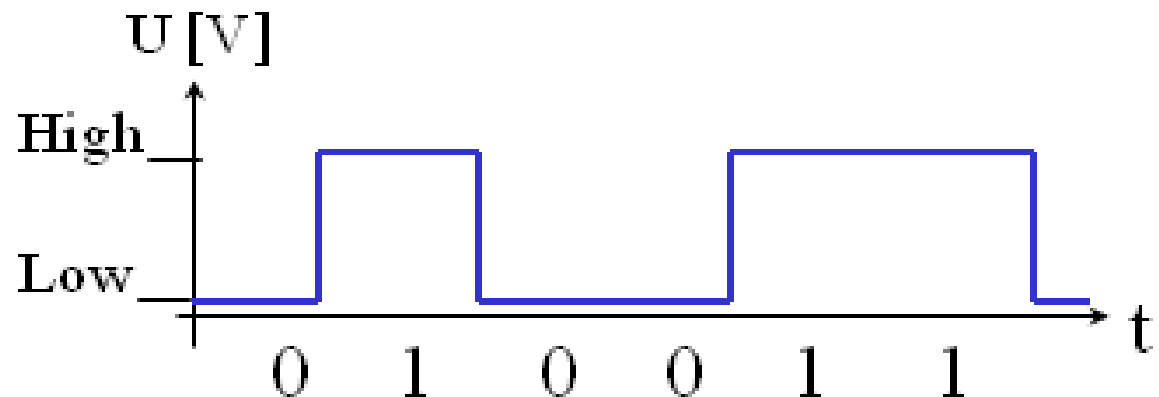
- ❖ kto je príjemca
- ❖ koľko je príjemcov
- ❖ aké majú adresy
- ❖ čo znamenajú bity, ktoré prenášame
- ❖ či odoslané a prijaté dáta sa zhodujú (ale snažíme sa o to, aby sa zhodovali)

Vysielanie bitov

- ❑ komunikačné rozhranie mení postupnosť bitov na signál
- ❑ odosielateľ aj príjemca musia vedieť spôsob kódovania:
 - ❖ ako dlho trvá vysielanie jedného bitu (nedá sa nekonečne krátko) = bitový interval
 - vzorkovanie signálu - kedy si mám “pozrieť” čo mi práve prichádza
 - ❖ ako sa zakóduje 0 a ako 1
 - rôzne techniky pre rôzne káble a pre bezdrôtový prenos
 - analógový a digitálny prenos
 - synchrónny a asynchrónny prenos

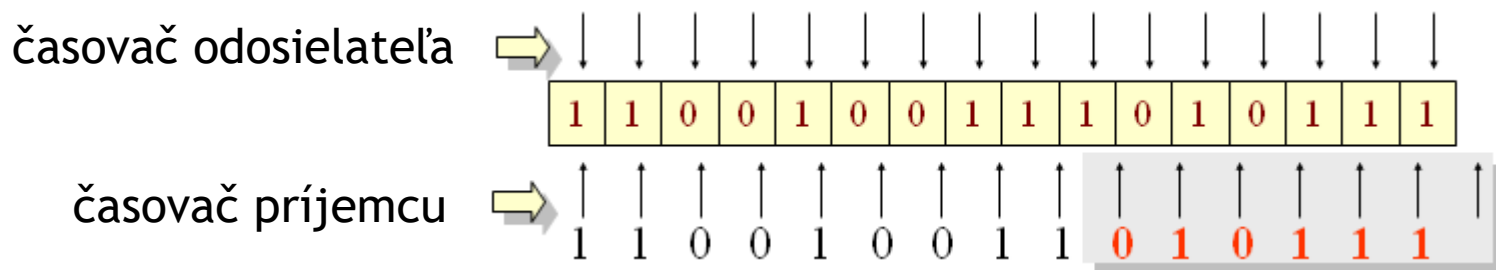
Digitálny prenos

- bez modulácie
- každý bit je reprezentovaný niektorým druhom signálu (aspoň dva stavy)
 - ❖ svojím napätím (High/Low), alebo
 - ❖ veľkosťou prúdu (prechádza/neprechádza), alebo
 - ❖ svieti/nesvieti



Potreba synchronizácie

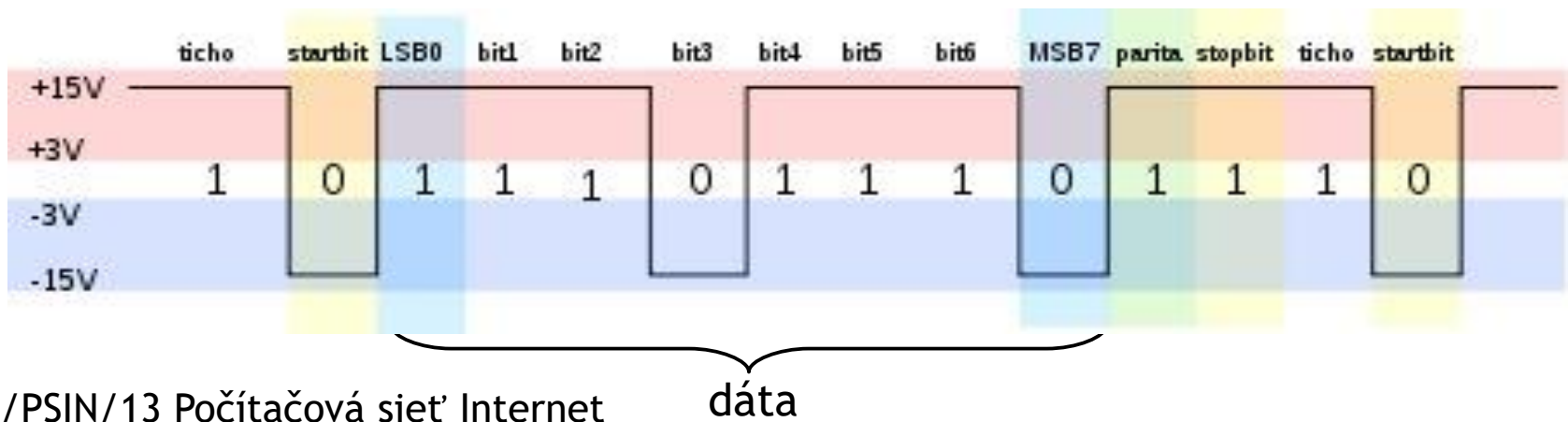
- ❑ prenos bitu “chvíľu” trvá
- ❑ príjemca vyhodnocuje hodnotu bitu niekde v rámci bitového intervalu (nie celý čas) - časovanie signálu
- ❑ príjemca by sa mal trafiť do každého intervalu práve raz (s dostatočne “rovnakou” frekvenciou ako ich generuje odosielateľ)



Asynchrónny prenos



- ❑ máme extra štart signál, stop signál a paritu
- ❑ pri štart signále si zosynchronizujeme hodinky
- ❑ pošleme iba málo bitov (5-8)
 - ❖ je predpoklad, že za taký krátky čas nenastane strata synchronizácie
- ❑ veľa bitov na riadenie
- ❑ nevyužitý čas medzi stop signálom a štart signálom
- ❑ sériové rozhrania RS232 (do 100kb/s)

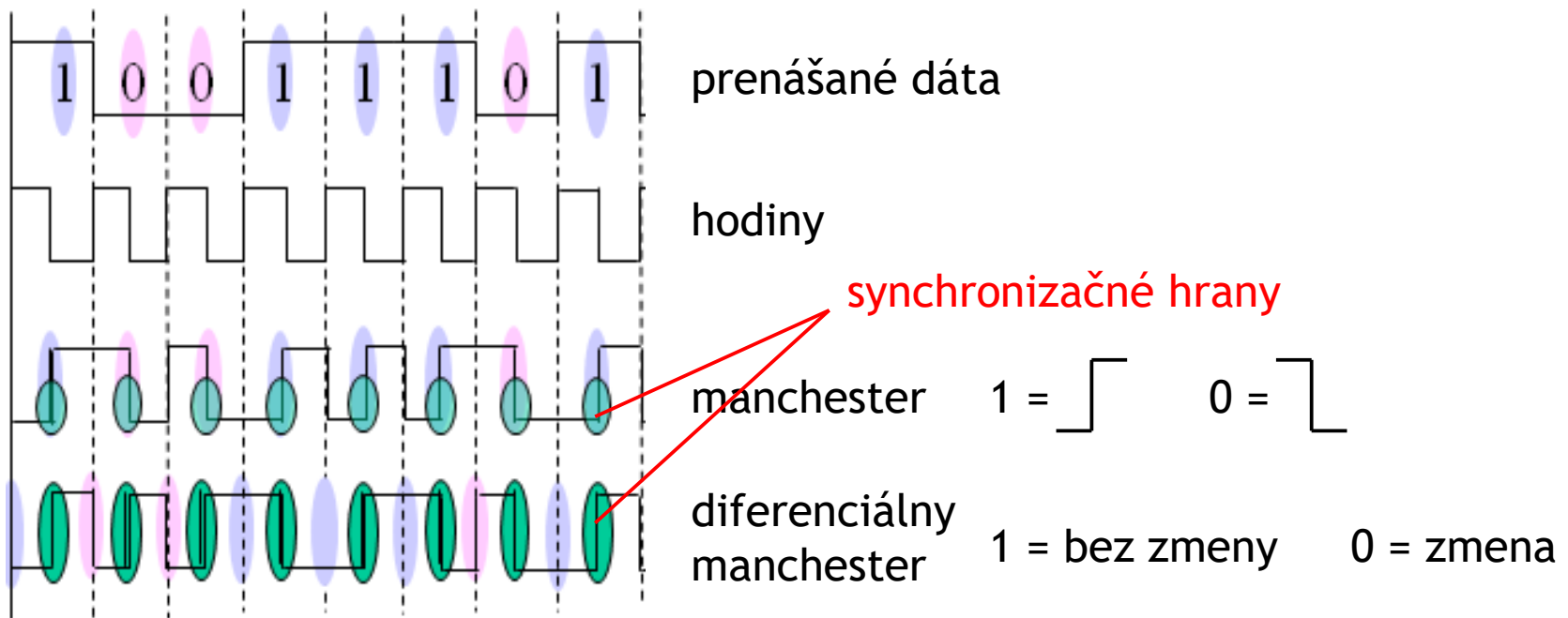


Synchrónny prenos

- ❑ je potrebné priebežne synchronizovať hodinky vysielča a prijímača
- ❑ môžeme posielat' ľubovoľne veľké dáta
- ❑ možnosti:
 - ❖ v extra komunikačnom kanáli nám tikajú hodiny
 - zbernica v počítačových komponentoch
 - ❖ špeciálne kódovanie
 - ❖ vkladanie bitov pri špeciálnych bitových sekvenciách

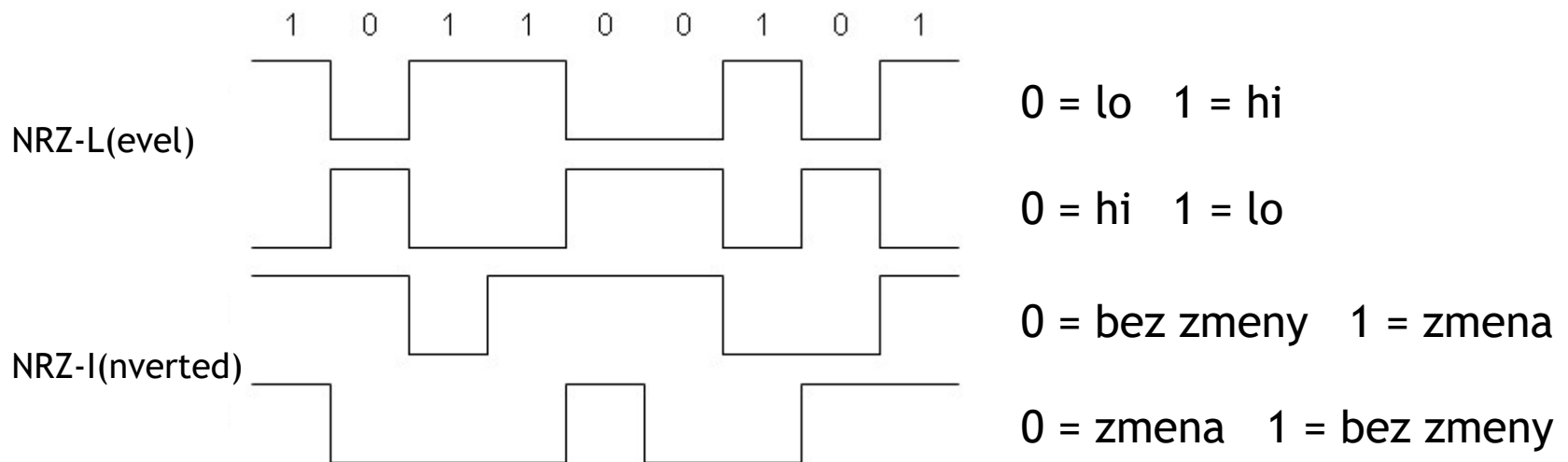
Synchronizácia s každým bitom

- uprostred každého prenášaného bitu je vždy hrana
- prijímač sa priebežne synchronizuje
- modulačná rýchlosť je dvojnásobná oproti prenosovej



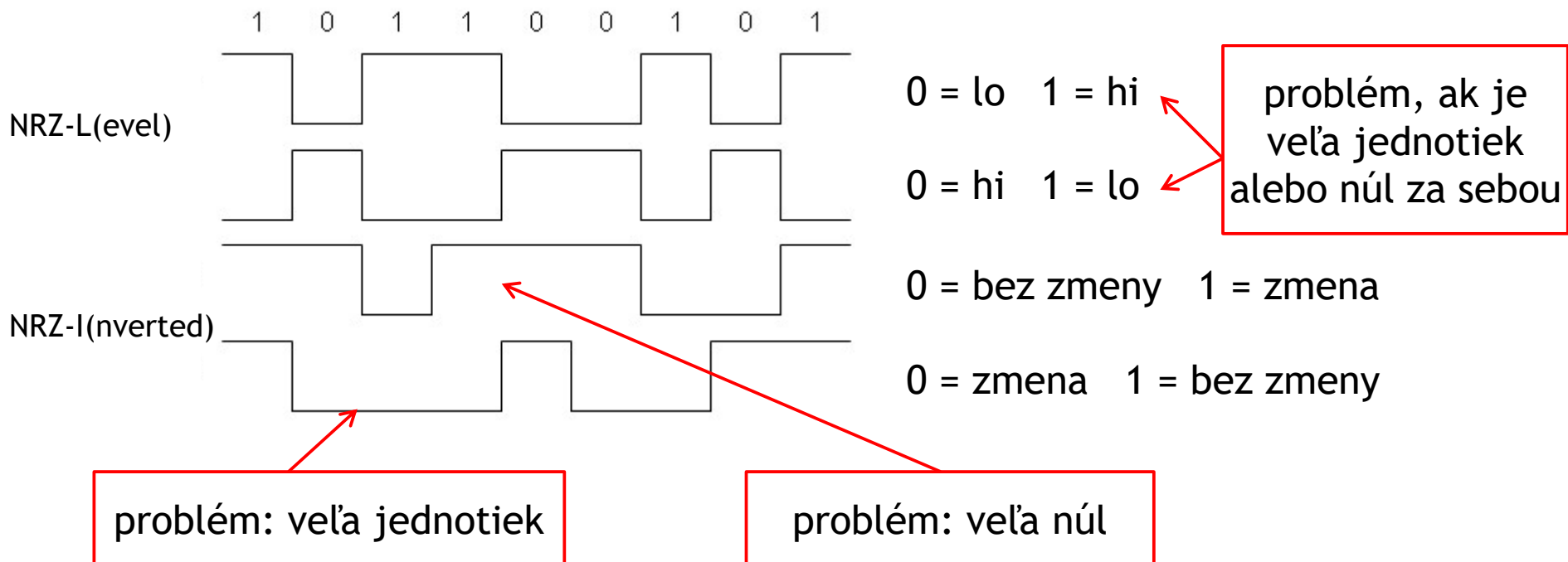
Synchronizácia čítaním dát

- ❑ chceme, aby sa prenosová rýchlosť blížila modulačnej
- ❑ synchronizujeme sa pri každej hrane



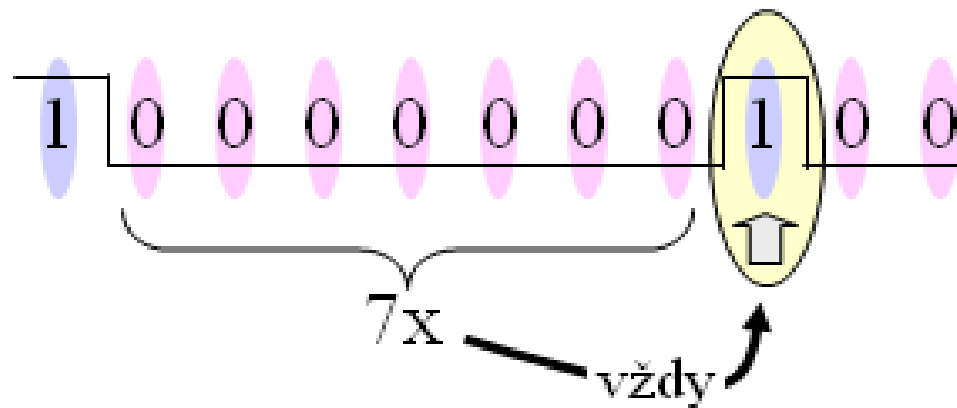
Synchronizácia čítaním dát

- ❑ chceme aby sa prenosová rýchlosť blížila modulačnej
- ❑ synchronizujeme sa pri každej hrane



Synchronizácia čítaním dát

- ❑ poviem si po koľkých bitoch už si nie som istý synchronizáciou (napr. $n=7$)
- ❑ po n rovnakých bitoch pošlem opačný - ten vieme, že nie je súčasťou dát
- ❑ = bit stuffing
- ❑ dôsledok: prenosová rýchlosť je výrazne vyššia ako pri manchesteri

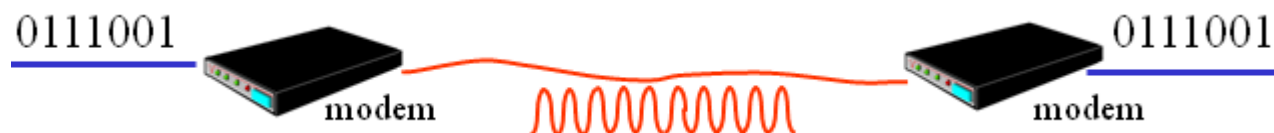


Prekódovanie

- ❑ každú štvoricu bitov prekódujem na takú päťicu, ktorá má aspoň dve jednotky
- ❑ štvoric je 16, päťíc je 32
- ❑ jednoduchšie na realizáciu

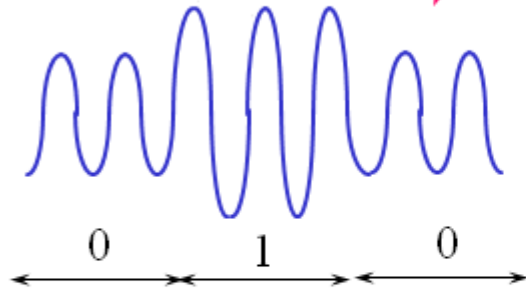
Modulovaný prenos

- ❑ digitálny prenos na veľké vzdialenosti je problematický
- ❑ dochádza k zaobľovaniu hrán (skresleniu)
 - ❖ problém identifikovať synchronizačné hrany
- ❑ riešenie je harmonický signál (v tvare sínusoidy)
 - ❖ jedna nosná frekvencia $y = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta)$
 - ❖ tá sa u odosielateľa moduluje: mení sa niektorá jej zložka v závislosti od vstupných digitálnych dát
 - ❖ u príjemcu sa demoduluje (dostávame digitálne dáta)
- ❑ MODEM = modulátor / demodulátor



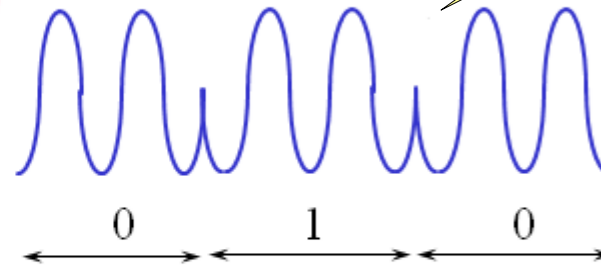
Rôzne spôsoby modulácie

amplitúdová
modulácia
zmena A

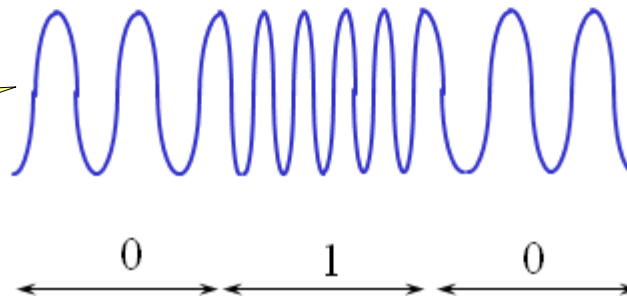


$$y = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi)$$

fázová
modulácia
zmena θ



frekvenčná
modulácia
zmena ω



Rôzne spôsoby modulácie

❑ Amplitúdová modulácia

- ❖ s útlmom signálu strácam rozdiel medzi 0 a 1

❑ Frekvenčná modulácia

- ❖ útlm nevadí
- ❖ výraznejší vplyv šumu: zachytáva blízke frekvencie, s ktorými sa sčítava
- ❖ spoľahlivejšie

❑ Fázová modulácia

- ❖ technicky ťažšie dekodovanie
- ❖ vysoká spoľahlivosť

❑ Kombinované spôsoby

- ❖ viem preniesť viac bitov naraz

Analógový vs. digitálny prenos

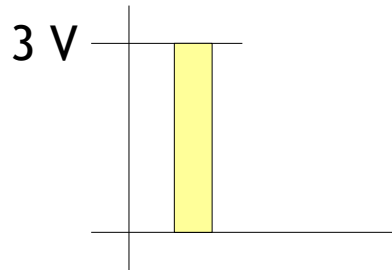
□ Analógový prenos

- ❖ zaujíma nás **konkrétna hodnota** meranej veličiny
- ❖ napr. aktuálne napätie, prúd, intenzita svetla, ...
- ❖ nikdy to nemôže byť ideálne

□ Digitálny prenos

- ❖ zaujíma nás či hodnota meranej veličiny je **z jedného či druhého intervalu**
- ❖ napr. či napätie je väčšie ako 0,6 V
- ❖ môže byť ideálny

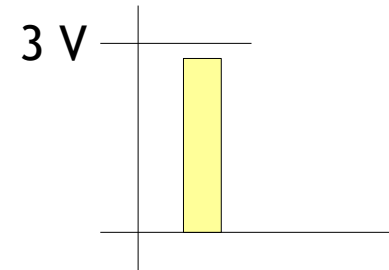
Útlm : Analógový a digitálny prenos



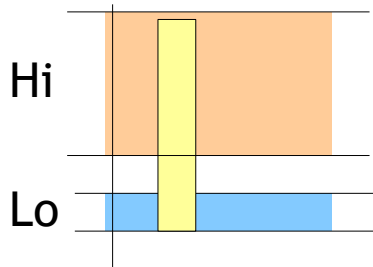
analógový prenos



odosielame "hodnotu 3"



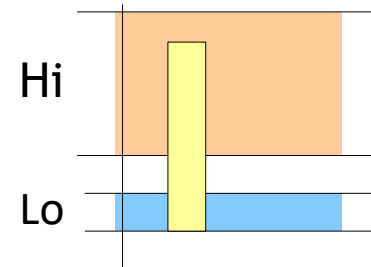
prijali sme "hodnotu 2,8"



digitálny prenos



odosielame "hodnotu Hi"



prijali sme "hodnotu Hi"

Príklad kombinovanej modulácie: QAM16

□ kombinácia amplitúdovej a fázovej modulácie

❖ 12 rôznych fázových posunov a 3 rôzne úrovne amplitúdy, čo je celkovo 36 rôznych stavov

❖ využíva sa iba 16 z nich

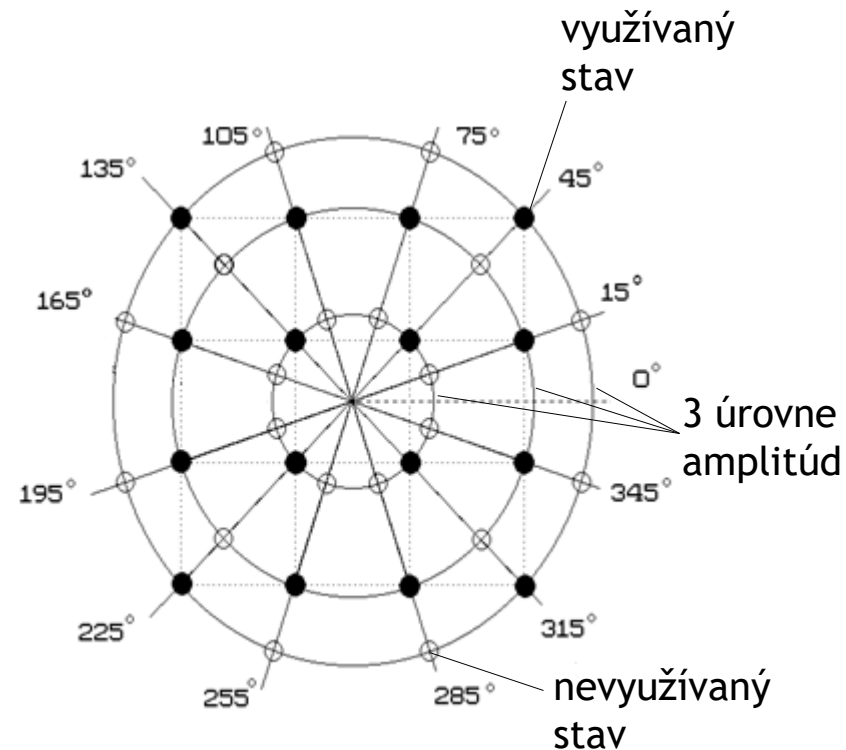
❖ každý stav reprezentuje nejakú štvoricu bitov

□ 4x vyššia prenosová rýchlosť oproti modulačnej rýchlosti

□ použitie v modemoch 2400 b/s a 9600 b/s

□ všeobecný vzťah medzi modulačnou a prenosovou rýchlosťou:

$$V_{\text{prenosová}} \leq V_{\text{modulačná}} \cdot \log_2(\text{počet stavov})$$



Modulačná rýchlosť

- = počet zmien signálu za sekundu
- meria sa v jednotkách Baud [Bd] podľa J.M.É. Baudota (1845-1903)
- nehovorí o rýchlosti prenosu = počet dátových bitov za sekundu
- jedna zmena signálu môže znamenať aj viac bitov (ak kombinujeme viac modulačných metód)

Prenosová rýchlosť

❑ počet prenesených bitov za sekundu

❑ Ethernet

❖ prenosová rýchlosť = $\frac{1}{2}$ modulačná rýchlosť

❖ kódovanie Manchester

❑ telefónne modemy

❖ prenosová rýchlosť > modulačná rýchlosť

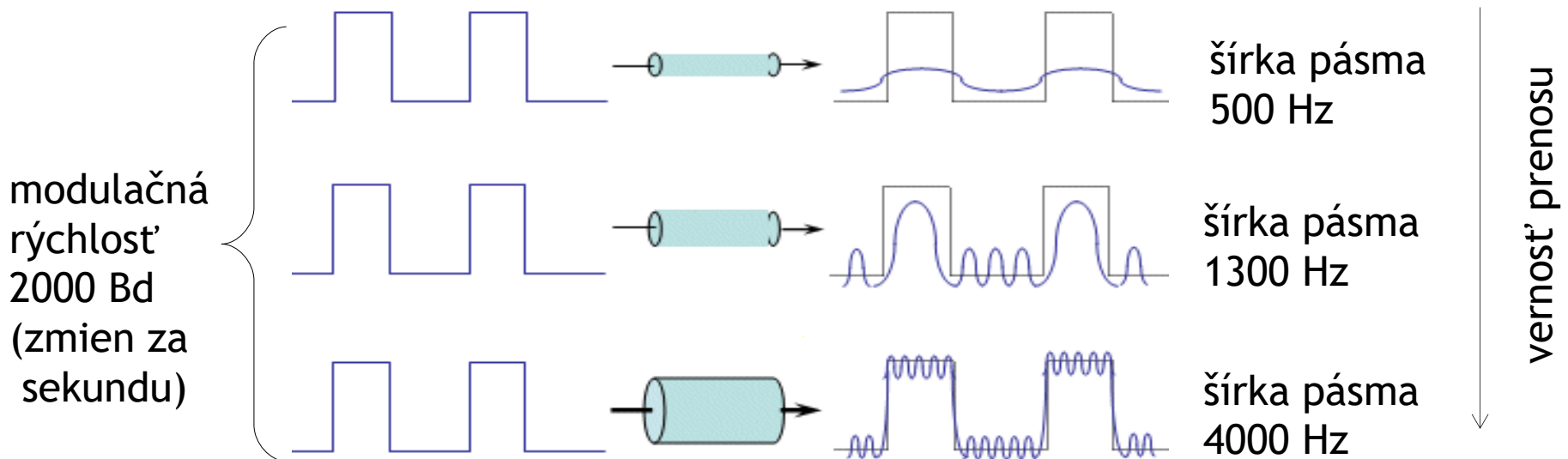
prenosová rýchlosť	modulačná rýchlosť	počet rozlišovaných stavov	počet bitov na 1 stav	norma
2400	600	16	4	V.22bis
9600	2400	16	4	V.32
14400	2400	64	6	V.32bis
28800 - 33600	2400 - 3200	512	9	V.34
56000	8000	128	7	V.90, V.92

Zvyšovanie prenosovej rýchlosti

$$v_{\text{prenosová}} \leq v_{\text{modulačná}} * \log_2(\text{počet stavov})$$

□ 1. možnosť: zvýšenie modulačnej rýchlosti

❖ zväčším šírku pásma (rozsah frekvencií), v ktorom vysielam



Nyquistov zákon: $v_{\text{modulačná}} \leq 2 * \text{šírka pásma}$

Zvyšovanie prenosovej rýchlosti

$$V_{\text{prenosová}} \leq V_{\text{modulačná}} * \log_2(\text{počet stavov})$$

❑ 2. možnosť: zvýšenie počtu stavov

- ❖ nedá sa zvyšovať do nekonečna
- ❖ jemné rozdiely medzi stavmi sú skreslené šumom

❑ Shannonova veta:

$$V_{\text{prenosová}} \leq \text{šírka pásma} * \log_2 \left(1 + \frac{\text{silu signálu}}{\text{silu šumu}} \right)$$

Kvalita drôtu [dB]:
 $10 * \log_{10} \left(\frac{\text{silu signálu}}{\text{silu šumu}} \right)$

Prenos
telefónnym drôtom:

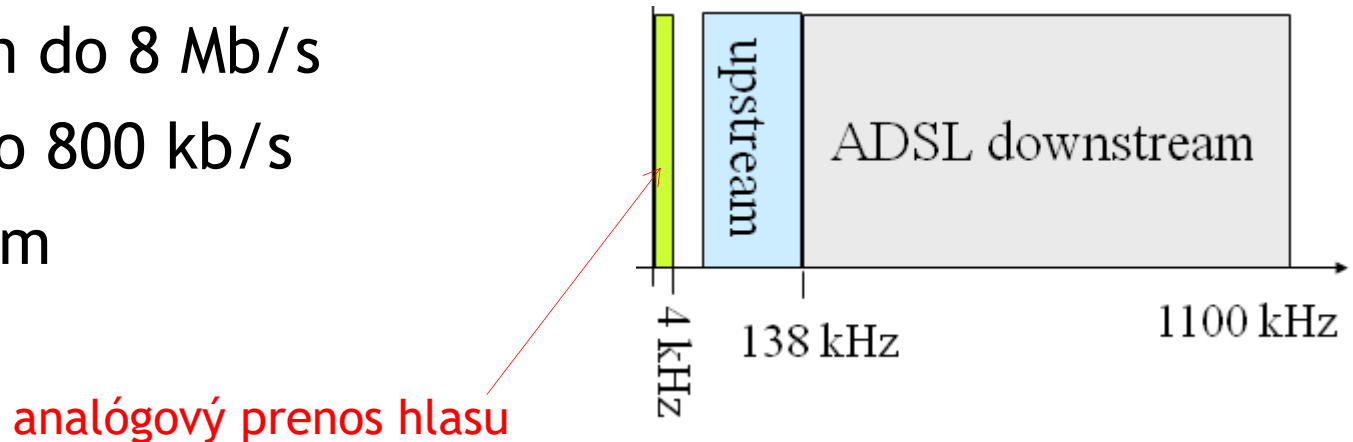
$$V_{\text{prenosová}} \leq 3100 * \log_2 \left(1 + \frac{1000}{1} \right) = 30898 \text{ b/s}$$

kvalita telefónneho kábla (30dB)

300 - 3400 Hz (reálne ešte o malý kúsok širšie)

Technológia ADSL

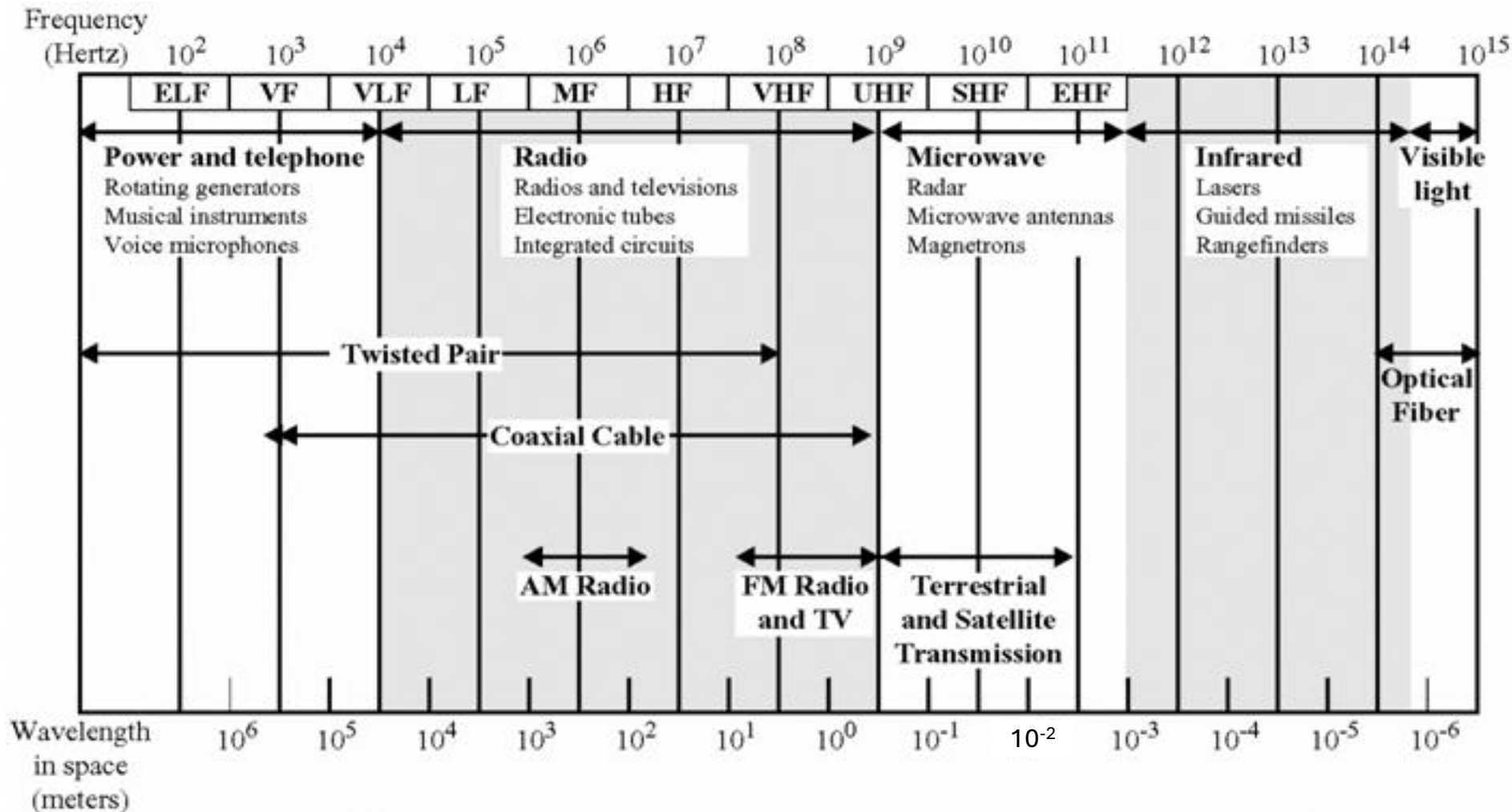
- ❑ na prenos dát využíva vyššie frekvencie než 3400 Hz
 - ❖ snaha o maximálne využitie prenosových schopností telefónneho kábla
- ❑ frekvencie 300 - 3400 Hz sú ponechané na analógový prenos hlasu
- ❑ potrebuje digitálnu ústredňu
- ❑ downstream do 8 Mb/s
- ❑ upstream do 800 kb/s
- ❑ dosah pár km



Elektromagnetické vlnenie

- ❑ základ prenosu viacerými komunikačnými médiami
- ❑ 200 000 (v kove) - 300 000 (vo vákuu) km/s
- ❑ prenos drôtom (vodičom)
 - ❖ krútený dvojdrôt (rádovo MHz)
 - ❖ koaxiálny drôt (rádovo MHz-GHz)
 - ❖ optické vlákno (rádovo THz)
- ❑ prenos vzduchom
 - ❖ rádiové spojenie (rádovo kHz (AM) - MHz (FM))
 - ❖ mikrovlnné spojenie (rádovo GHz)
 - ❖ družicové spojenie (rádovo GHz)
 - ❖ infračervené spojenie (rádovo THz)

Elektromagnetické vlnenie



Bezdrôtové prenosy

- ❑ frekvencie elektromagnetického žiarenia “vo vzduchu” sú zdieľané všetkými
- ❑ vysielачky, mobily, WiFi, rádio, TV, GPS, letecká komunikácia, radary, meteorológia, sledovanie zvierat, bezšnúrové periférne zariadenia, diaľkové ovládače, ...
- ❑ Telekomunikačný úrad SR
 - ❖ licenčné frekvencie
 - ❖ bezlicenčné pásma
 - napr. 2,4 GHz a 5 GHz pre WiFi, 440 - 450 MHz pre vysielачky

Bezlicenčné pásma

- všeobecne bohato využívané
- ako sa vyrovnat' s rušením?
 - ❖ smerové vysielanie
 - ❖ regulácia vysielacieho výkonu
 - ❖ koordináciou
 - ❖ zakódovaním
- v licenčných pásmach by k rušeniu dochádzať nemalo

Drôtové prenosové médiá

❑ krútený dvojdrôt

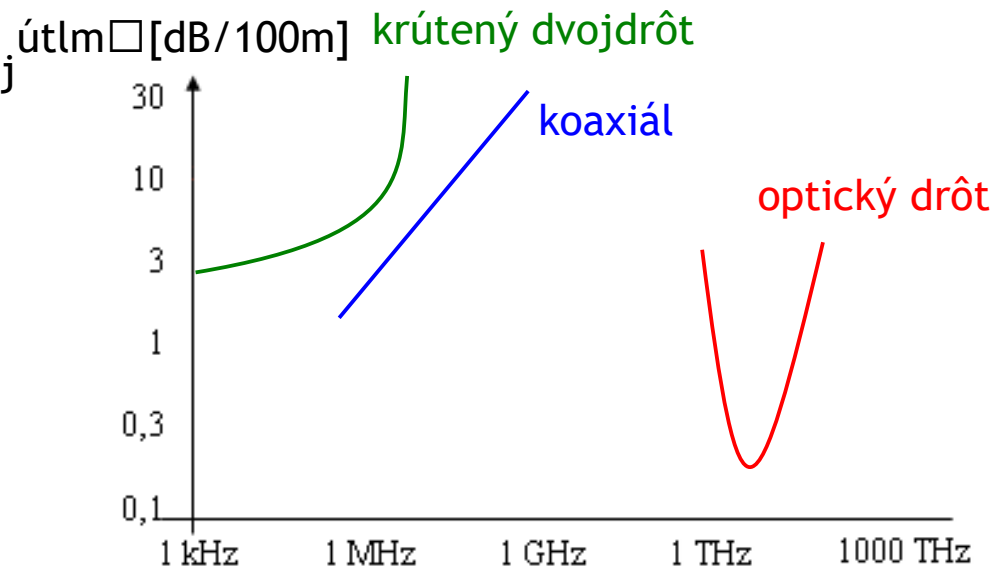
- ❖ najväčší odpor
- ❖ pri vysokých frekvenciách nefunguje
- ❖ najmenšia šírka prenosového pásma
- ❖ v súčasnosti už blízko teoretického maxima prenosovej rýchlosti

❑ koaxiálny drôt

- ❖ má rezervy
- ❖ už sa veľmi nepoužívajú

❑ optické drôty

- ❖ najmenší odpor
- ❖ najväčšia šírka pásma
- ❖ využívame iba malý zlomok prenosového potenciálu



Krútený dvojdrôt

- ❑ dva “neskrútené” vodiče fungujú ako anténa
 - ❖ vysiela, ale aj prijíma elektromagnetické vlnenie
 - ❖ veľké interferencie s okolím
 - ❖ pre vyššie frekvencie nepoužiteľné
- ❑ krútené vodiče
 - ❖ minimalizuje sa efekt antény
 - ❖ v druhom drôte sa vysiela “zrkadlový obraz” prvého - vyžarovanie do priestoru si navzájom rušia

Krútený dvojdrôt

❑ ďalšie obmedzenie efektu antény: tienenie

- ❖ UTP - unshielded twisted pair - žiadne
- ❖ ScTP - screened TP - tienenie okolo všetkých párov
- ❖ STP - shielded TP - každý pár má tienenie



UTP



ScTP



STP

Krútený dvojdrôt

□ kategórie krútených dvojdrôtov

- ❖ kategória 3 : do 16 MHz
 - prenosová rýchlosť do 10 Mb/s
- ❖ kategória 5 : do 100 - 120 MHz
 - prenosová rýchlosť do 100 Mb/s
- ❖ kategória 5e : do 350 MHz
 - prenosová rýchlosť do 1Gb/s (na menšie vzdialenosti)
- ❖ kategória 6 : do 550 MHz
 - prenosová rýchlosť do 1 Gb/s
- ❖ kategória 7: do 600 MHz
 - prenosová rýchlosť až do 10 Gb/s



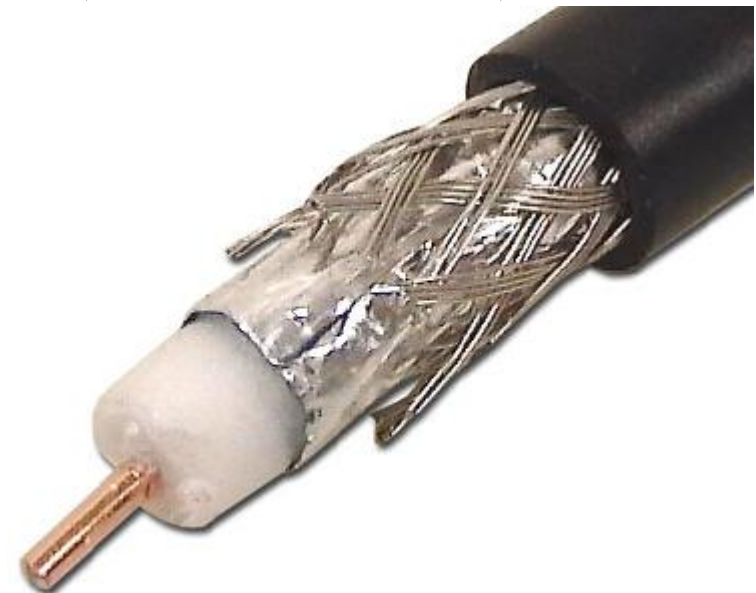
konektor RJ45

Koaxiálny drôt

- ❑ dva vodiče - vnútorný a vonkajší
- ❑ odolnejší voči interferenciám
- ❑ zvláda vyššie frekvencie
- ❑ dosah aj na väčšiu vzdialenosť (niekoľko km)
- ❑ presadil sa v káblovej TV
- ❑ aj v starších LAN sieťach
 - ❖ Ethernet 10Base5, 10Base2
 - ❖ zbernícová topológia



BNC konektory



Optický drôt

☐ výhody

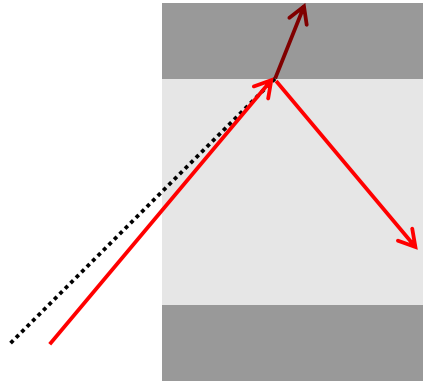
- ❖ schopnosť prenieť veľký rozsah frekvencií (v súčasnosti nevyužiteľné kvôli pomalosti koncových zariadení)
- ❖ malý útlm - dosah stoviek kilometrov bez zosilnenia
- ❖ žiadne elektromagnetické žiarenie
- ❖ necitlivosť na elektromagnetický šum
- ❖ nemožnosť odpočúvania

☐ nevýhody

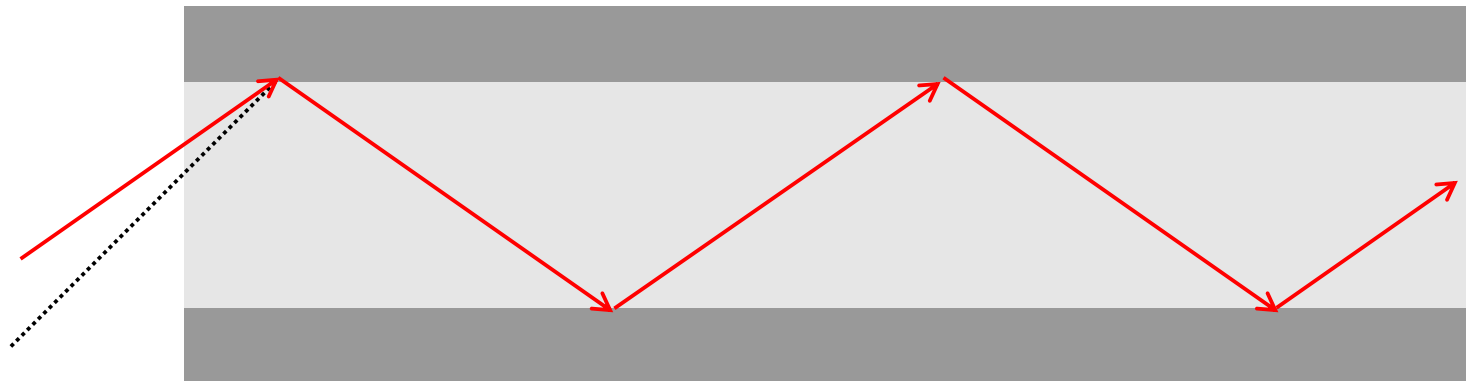
- ❖ cena
- ❖ krehkosť a obmedzená ohybnosť
- ❖ náročné pripájanie



Princíp vedenia svetla optickým vláknom



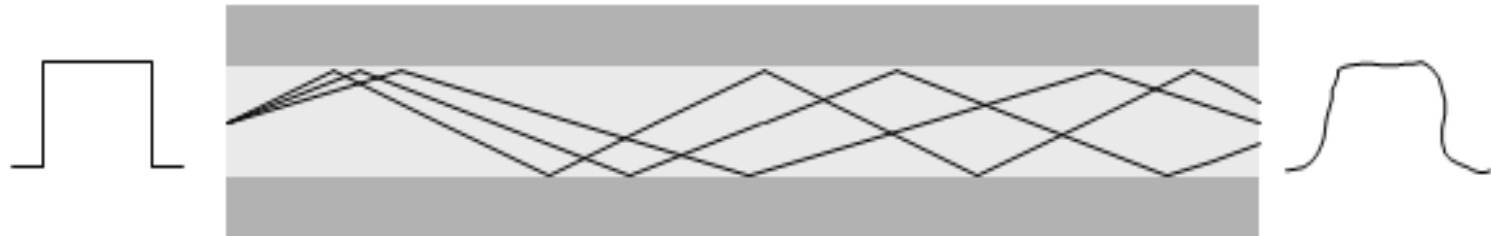
pri dopade pod veľkým uhlom sa časť lúča odrazí a časť prejde do prostredia s inou optickou hustotou



pri dopade pod malým uhlom sa celý lúč odrazí

Mnohovidové vlákna (multimode)

- ❑ svetlo sa šíri vláknom vo viacerých lúčoch (vidoch)
- ❑ svetlo môžu generovať LED diódy
- ❑ hrubšie vlákna, jednoduchšie napojenie konektora
- ❑ menšie vzdialenosti a prenosové rýchlosti ako jednovidové vlákna
- ❑ lacnejšie
- ❑ priemer optického jadra 50 - 62,5 μm
- ❑ každý lúč môže prísť do cieľa v trochu inom čase
 - ❖ vzniká disperzia lúčov, ktorá deformuje signál



Jednovidové vlákna (monomode, single mode)

- ❑prenášajú signál iba jedným lúčom
- ❑väčší dosah (dnes stovky km)
- ❑väčšie prenosové rýchlosti
- ❑priemer optického jadra iba 4 - 10 μm
- ❑ešte krehkejšie, drahšie, náročnejšie na spájanie
- ❑svetlo generované laserom



Spracovanie optického signálu

❑ prevádzanie na elektronické signály

- ❖ LED dióda, laser $\leftrightarrow$ fotodióda, fototranzistor
- ❖ limitované tým, ako rýchlo vieme prevádzať

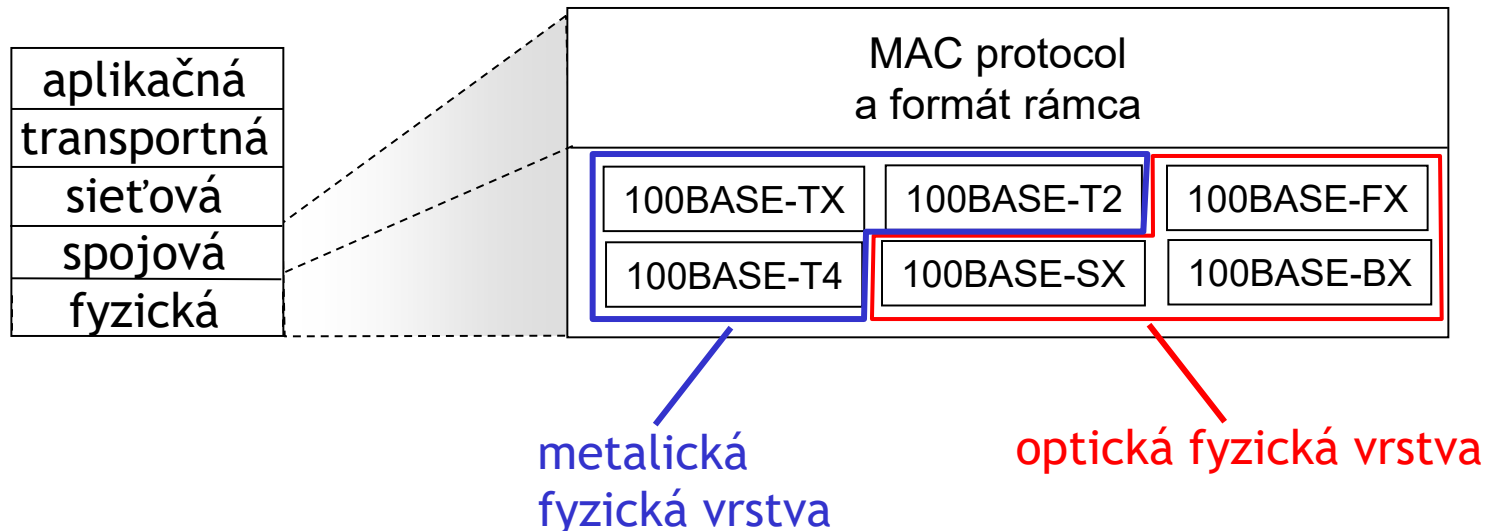
❑ čisto optické systémy

- ❖ všetko robíme optickou cestou bez prevádzania
- ❖ opakovače a zosilňovače (podobný princíp ako laser cez elektróny na rôznych valenčných vrstvách)
- ❖ rozbočovače, prepínače (cez čiastočne priepustné zrkadlové plôšky)
- ❖ prevádzače vlnových dĺžok

Ethernetové štandardy 802.3: (spojová a fyzická vrstva)

□ veľa rôznych štandardov

- ❖ spoločný spojový protokol a formát rámca
- ❖ rôzne rýchlosti: 2 Mb/s, 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, 10 Gb/s
- ❖ rôzne fyzické prenosové médium: metalický drôt, optický drôt



Ďakujem za pozornosť

Niektoré slajdy prevzaté z knihy:

Computer Networking: A Top Down Approach, 4th edition.
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July 2007.

Niektoré slajdy prevzaté zo stránky:

Počítačové siete
Jiří Peterka
<http://www.earchiv.cz/>