



# Počítačové sítě a operační systémy

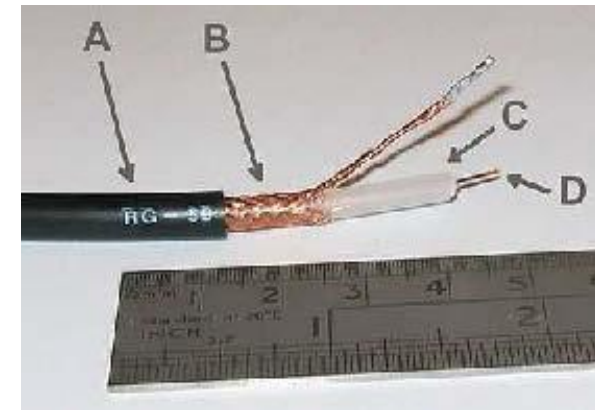
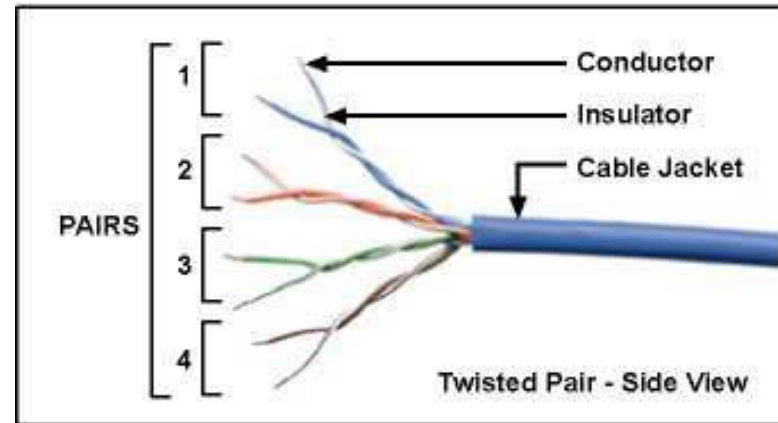
---

## Přenos dat v počítačových sítích

Jaromír Plhák  
[xplhak@fi.muni.cz](mailto:xplhak@fi.muni.cz)

# Přenosová média

- Elektrické vodiče
  - TP (Twisted Pair)
    - Kroucená dvoulinka
    - 100Mbit, 1Gbit
  - Koaxiální kabel
    - Tlustý, tenký
- Optický kabel (vlákno)
  - Gbits
- Vzduch





# Bezdrátové sítě

- Mikrovlnné spoje – na vzdálenosti cca 50 km
- Rádiové spoje na frekvencích 2,4 nebo 5 GHz (Wi-Fi)
- Satelitní (geostacionární satelity)
- Buňkové (např. GSM)
- Bluetooth (na krátké vzdálenosti – do 100 m)



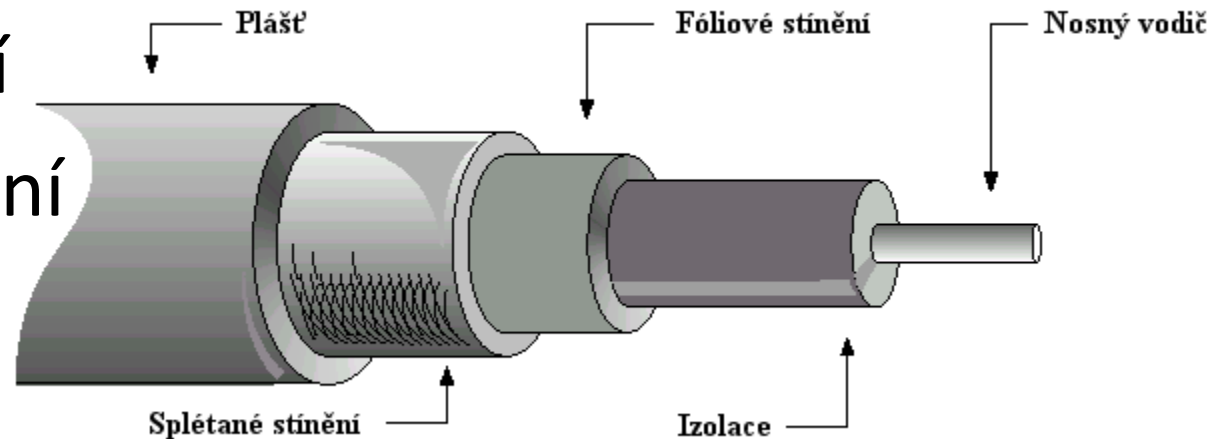
# Základní charakteristiky přenosového média

---

- Odolnost proti elektromagnetickému vlnění
- Šířka pásma
  - Množství dat, které lze přenést (bps, Hz)
- Útlum
  - Ztráta síly signálu na médiu se vzdáleností (dB)
- Charakteristická impedance
  - Velikost odporu vodiče střídavému elektrickému proudu ( $\Omega$ )
- Přeslech mezi vodiči
- Cena

# Koaxiální kabel (1)

- Nosný vodič
  - Vodivý drát většinou z mědi
  - Průměr ovlivňuje útlum
- Izolace
- Fóliové stínění
- Splétané stínění
- Plášť



# Koaxiální kabel (2)

- Konektor BNC
- Vykazuje poměrně dobré parametry při frekvencích pod 1 GHz
- Kvalitní koaxiální kabel lze použít až do frekvencí okolo 10 GHz
- Použití na delší vzdálenosti – „hadice“ s mnoha koaxiálními kabely
- V současné době nahrazováno optickými vlákny, jejichž pořizovací náklady klesají

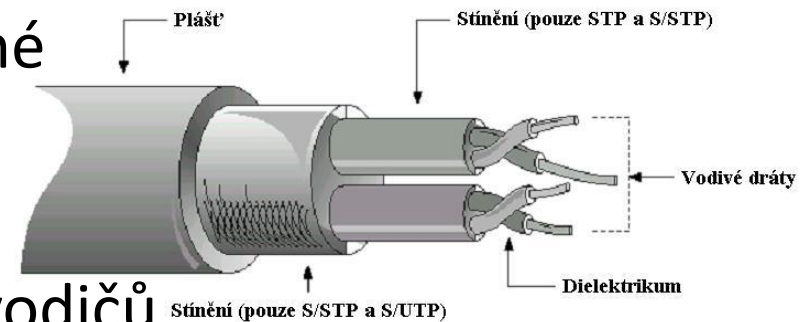


# Koaxiální kabel (3)

- Výhody koaxiálního kabelu
  - Velká odolnost proti EMI
  - Relativně snadná instalace
  - Přiměřená cena
  - Může sloužit i k přenosu hlasu a videa (v přeloženém pásmu)
- Nevýhody koaxiálního kabelu
  - Náchylný k poškození
  - Nelze použít v sítích Token-Ring, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet

# Kroucená dvojlinka (1)

- Vodivé dráty
  - Signálové vodiče z mědi
  - V párech vzájemně kolem sebe obtočeny
  - Mohou být plné nebo splétané
  - Nejčastěji 2, 4 nebo 8 párů
- Stínění
  - Stínění kolem každého páru vodičů
  - Stínění kolem všech párů
- Plášť
  - Vnější kryt vyrobený z PVC nebo z teflonu popř. kynaru



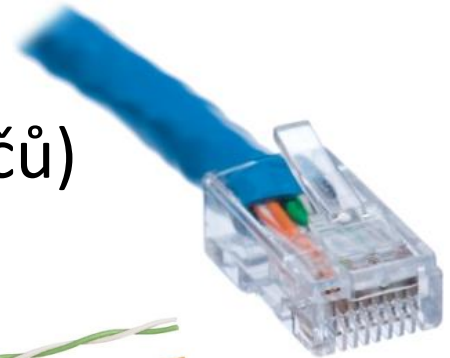
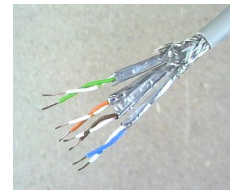
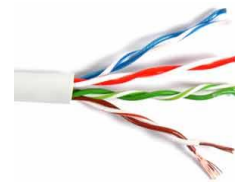


# Kroucená dvojlinka (2)

- Může přenášet data při frekvencích až do cca 1000 MHz
- Dva vodiče jsou vždy vzájemně kolem sebe obtočeny
  - Minimalizuje přeslechy, vliv EMI a ztráty způsobené kapacitním odporem
- Signál je přenášen jako rozdíl potenciálů mezi těmito dvěma vodiči
  - Menší náchylnost k rušení a útlumu

# Kroucená dvojlinka (3)

- Nejčastěji používaná kabeláž
  - První použití v telefonii (dva páry vodičů)
  - Později pro datové přenosy (4/8 párů)
- Nízké náklady
- Konektor RJ45
- Různé varianty
  - UTP, STP, S/STP, S/UTP
- Přenosové rychlosti od jednotek Mbs po jednotky Gbs

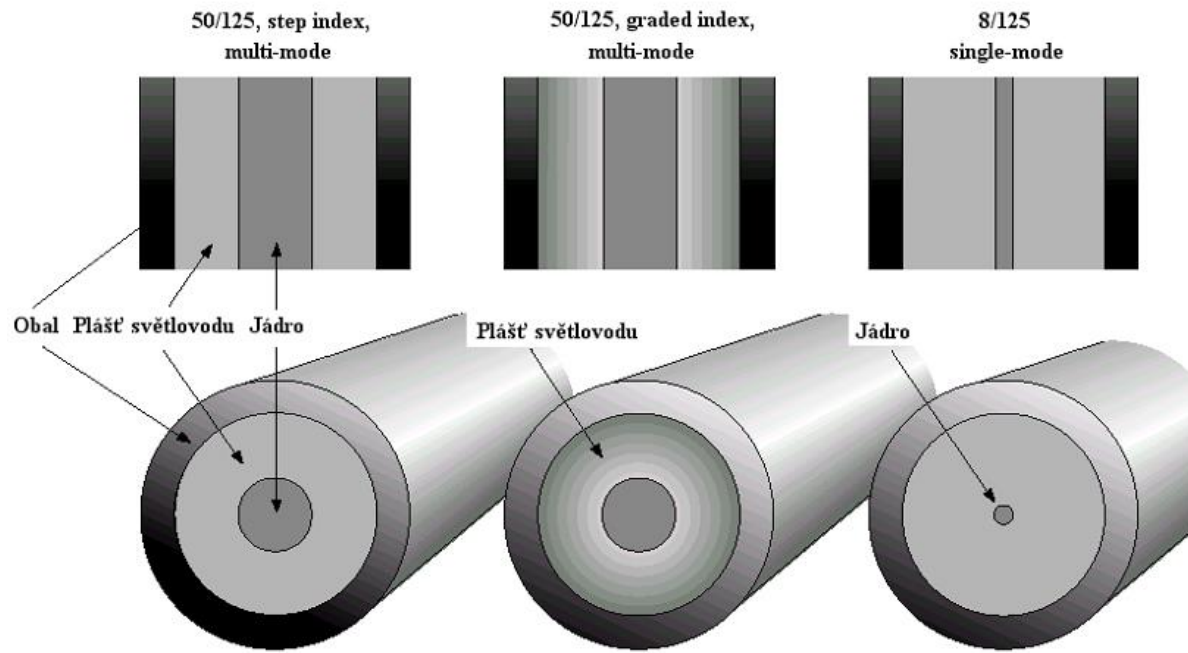


# Kroucená dvojlinka (4)

- Výhody kroucené dvojlinky
  - Snadné připojování jednotlivých zařízení
  - Možno využít i pro telefonní (popř. jiné) rozvody
  - STP a S/STP mají velmi dobrou ochranu proti EMI
  - Snadná instalace
  - Nízká cena
- Nevýhody kroucené dvojlinky
  - STP a S/STP je silný a obtížně se s ním pracuje
  - UTP je citlivější na šum než koaxiální kabel
  - UTP signály nemohou být přenášeny na větší vzdálenost bez regenerace (zesílení a čištění)

# Optický kabel (1)

- K přenosu signálu slouží světelné impulsy v optickém vlnovodu

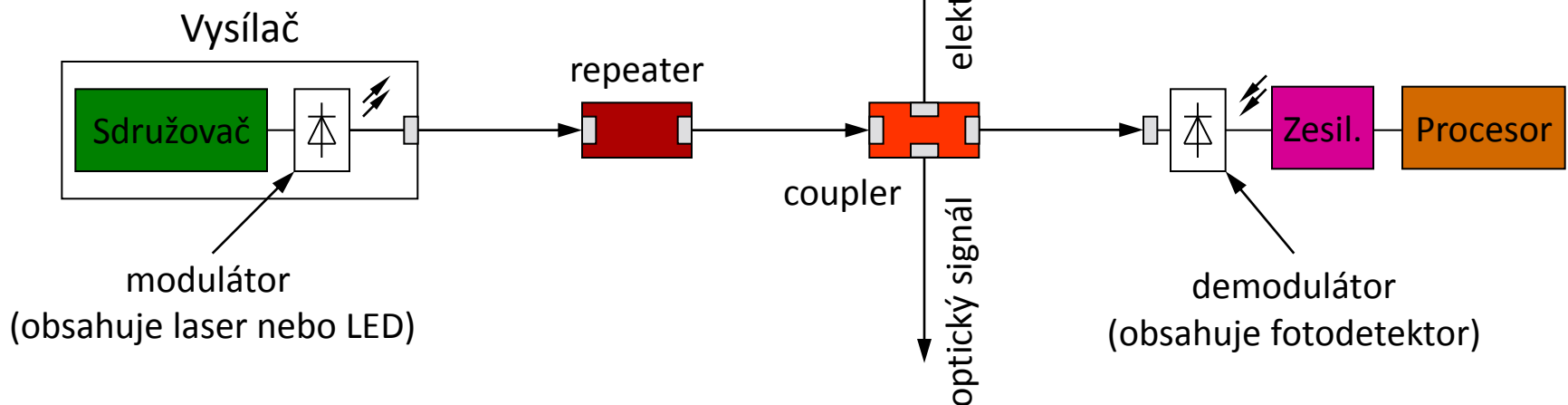


# Optický kabel (2)

- Optický kabel se skládá z následujících částí
  - Jádro
    - Složeno z jednoho nebo více skleněných popř. plastových vláken, kterými prochází světelný signál
    - Plastová vlákna jsou jednodušší na výrobu, ale je možné je použít pouze na kratší vzdálenosti
    - Průměr jádra se pohybuje od 2 do několika set mikronu
  - Plášť světlovodu
    - Vyroběn jako jedna část společně s jádrem
    - Jeho rozměry jsou od 100 mikronu do 1 mm
    - Jedná se o ochrannou vrstvu (obvykle z plastu) s nižším indexem lomu světla než má jádro
  - Obal

# Optický kabel (3)

- Přenosové rychlosti v řádech Gbs
- Velké vzdálenosti
- Původně pouze jednosměrný přenos
- Vysoká počáteční investice
- Odolné vůči EMI
- Minimální odpor



# Optický kabel (4)

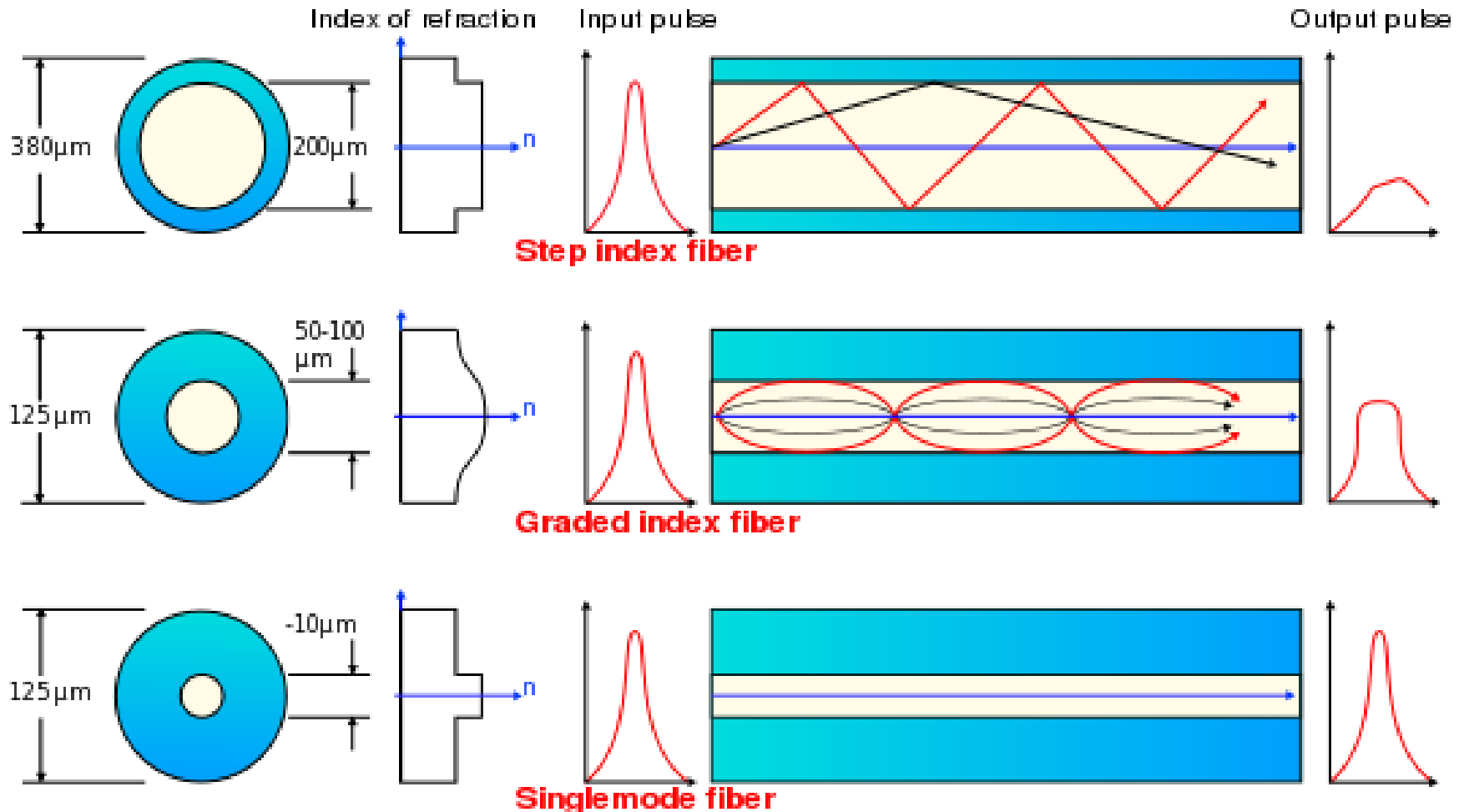
- Přenos informací je založen na principu úplného odrazu světla
- Kabely jsou většinou v páru
  - Každé vlákno pro komunikaci v jednom směru
- Vysílač převádí elektrický signál na světelný a vysílá jej do vlákna
  - Obsahuje světelný zdroj vysílající signály
    - Laser
    - LED
- Přijímač (detektor) převádí optický signál do elektrického tvaru, zesiluje jej a reprodukuje původní signál

# Typy optických kabelů

- Multivídné (mnohavidové)
  - Průměr jádra nad  $10\ \mu\text{m}$
  - Více nezávislých světelných signálů s různou vlnovou délkou (úhlem lomu)
  - Na kratší vzdálenosti (do 500 m)
  - Využití zejména v budovách
  - 100 Mbs (2 km) až 10 Gbs (300 m)
- Jednovídné
  - Průměr jádra do  $10\ \mu\text{m}$
  - Jeden světelný signál
  - Na velké vzdálenosti (cca 100 km)
  - Malý útlum



# Optický kabel – přenos signálů



# Útlum optického kabelu

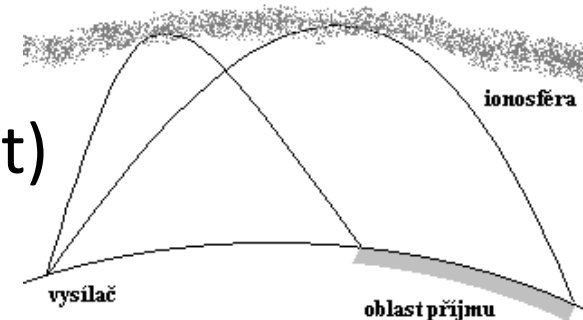
- Okna – vlnové délky s nejnižším útlumem
  - 850 nm – multivídná vlákna
  - 1310 nm – multivídná i jednovídná vlákna
  - 1550 nm – jednovídná vlákna
- Útlum
  - Vlastní absorpce – materiál optického vlákna
  - Nevlastní absorpce – nečistoty
  - Lineární rozptyl
  - Nelineární rozptyl
  - Ztráty ohybu
  - Ztráty při spojování na konektorech
- Na velké vzdálenosti je potřeba použít zesilovače signálů

# Optická kabely – konektory



# Elektromagnetické vlny

- Přenos bez použití fyzického (kovového, optického) vodiče
- Založený na šíření změn elektromagnetických vlastností prostředí
- V závislosti na frekvenčním pásmu se šíří
  - Bud' podél povrchu země
  - Na přímou viditelnost (Line of Sight)
  - Odrazy od ionosféry
- Rádiové vlny, mikrovlny a infračervené vlny



# Bezdrátový přenos dat

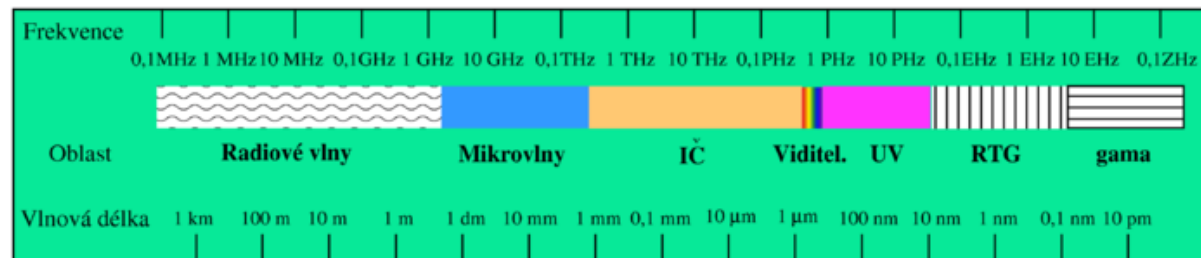
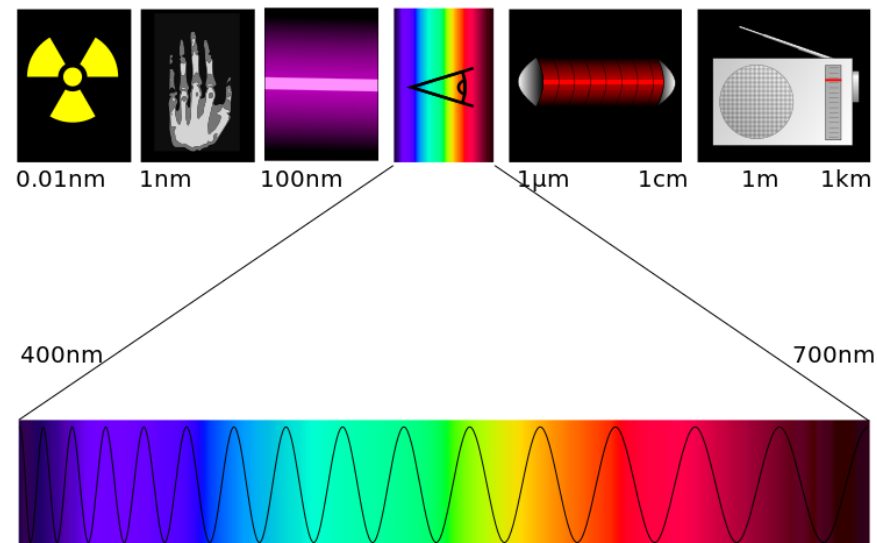
---

- Signál se šíří vzduchem
  - Elektromagnetická energie/záření
- Vysílání i přijímání signálu pomocí antény
  - Různé typy antén podle vyzařování
    - Směrová/sektorová – parabola
    - Všesměrová – dipól
- Charakteristika antény v horizontálním i vertikálním směru

# Elektromagnetické spektrum (1)

- Dělení podle frekvence (Hz)

- ELF-VLF
- LF-MF
- HF
- VHF/UHF
- SHF
- Infračervené světlo
- Mikrovlny



# Mikrovlny

- Telekomunikační služby (hlas, TV)
  - 2-bodové spoje mezi budovami
- Antény
  - Parabolické
    - Úzký paprsek
  - Nutná přímá viditelnost
  - Anténa musí být vysoko nad zemí (překonání překážek)



# Mikrovlny – šířka pásma a rychlosti

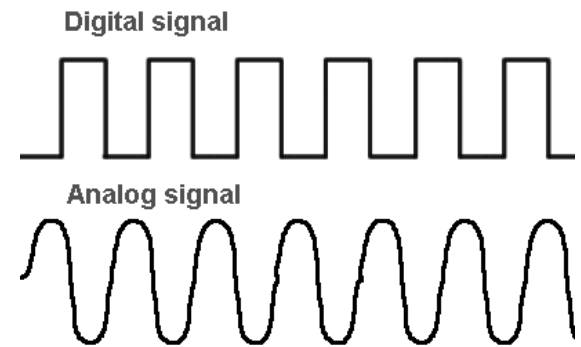
---

- 2 GHz
  - Šířka pásma 7 MHz, rychlost 12 Mbit
- 6 GHz
  - Šířka pásma 30 MHz, rychlost 90 Mbit
- 11 GHz
  - Šířka pásma 40 MHz, rychlost 135 Mbit
- 18 GHz
  - Šířka pásma 220 MHz, rychlost 274 Mbit



# Analogový vs. digitální signál

- Charakterizace signálů
  - V čase spojitý / v čase diskrétní
  - V hodnotách spojitý / v hodnotách diskrétní
- Klasifikace
  - Analogový signál
    - Spojitý v čase a spojitý v hodnotách
  - Digitální signál
    - Diskrétní v čase a diskrétní v hodnotách

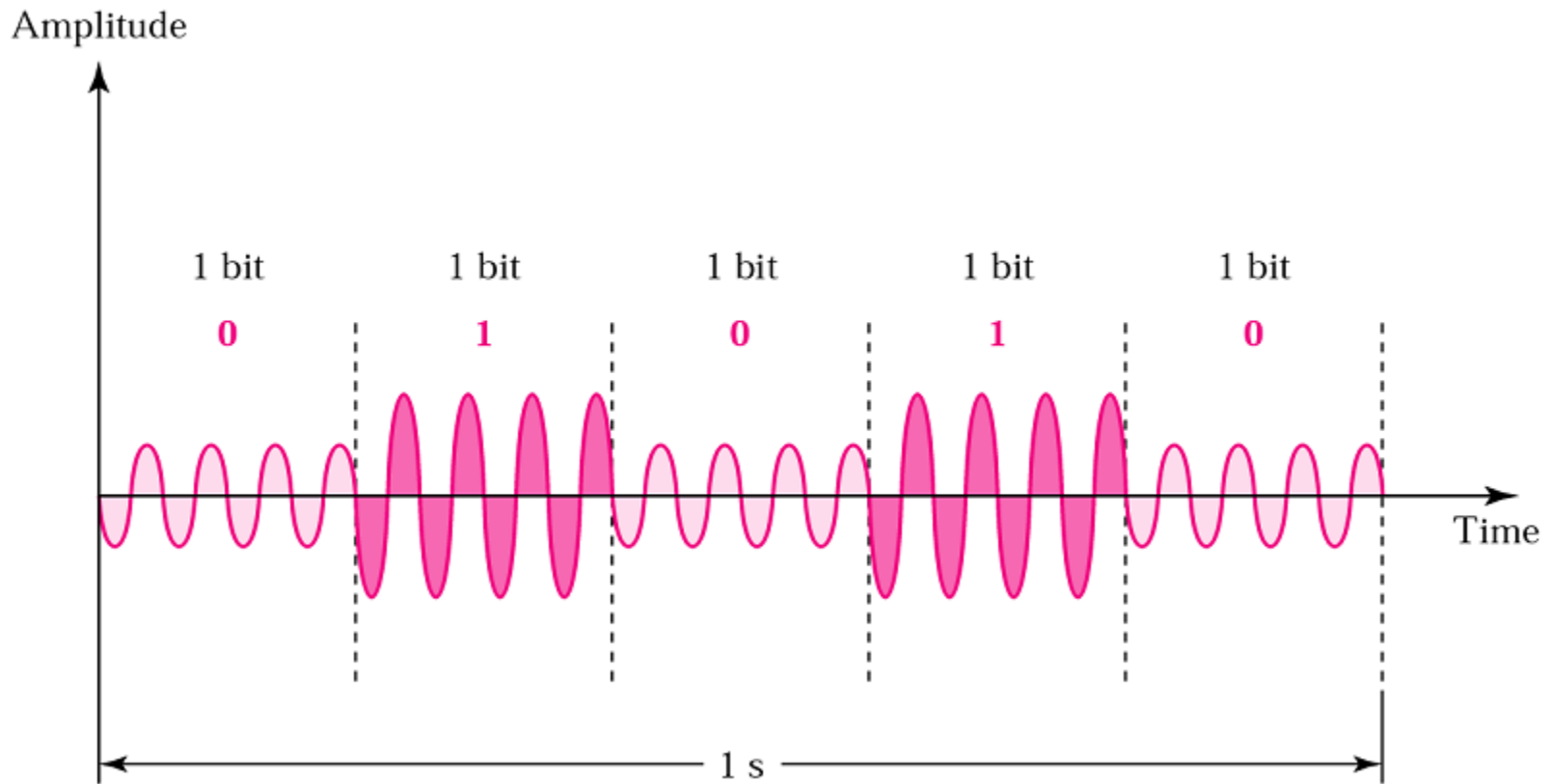




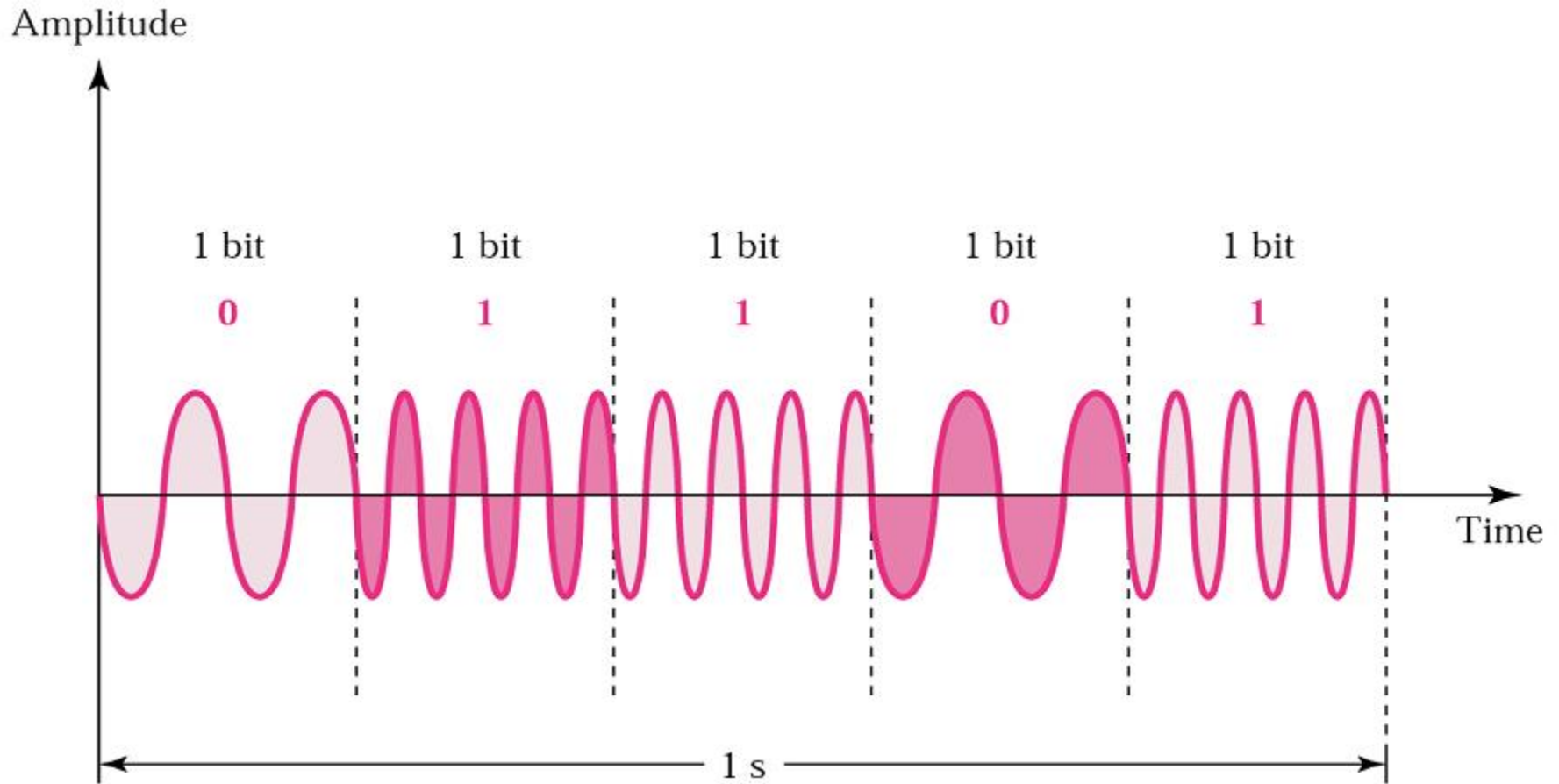
# Základní fakta o signálech

- Transformace dat na elektromagnetické signály
  - **Amplituda signálu**
    - Intenzita
  - **Frekvence signálu**
    - Rychlost změn
  - **Fáze**
    - Posunutí pozice signálového prvku v čase
  - **Rozsah frekvencí**
    - Šířka pásma kanálu
- Pro modulaci/demodulaci signálu slouží modem
- Digitální informace
  - Lze přenášet digitálním i analogovým signálem

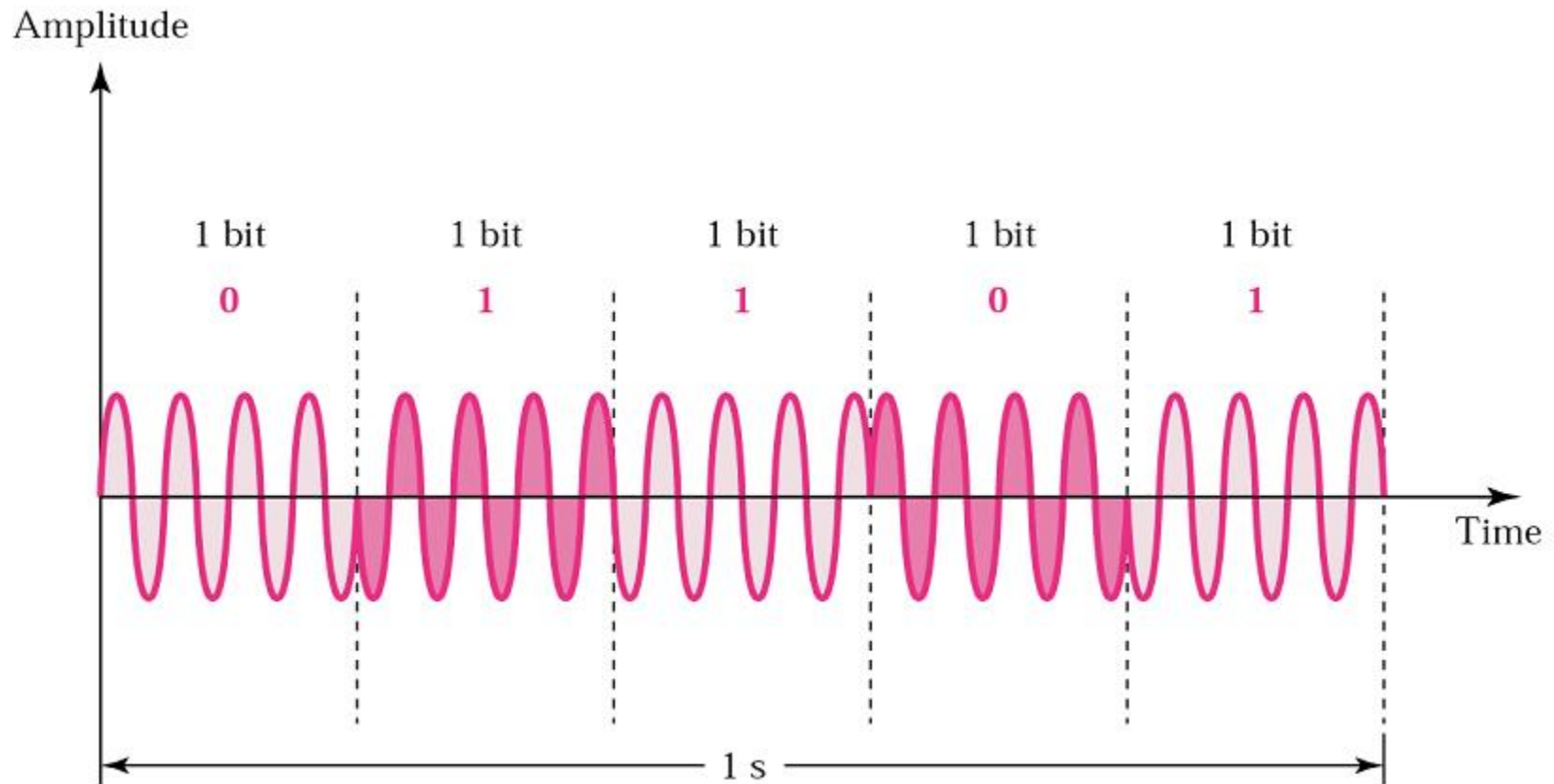
# Amplitudová digitální modulace



# Frekvenční digitální modulace

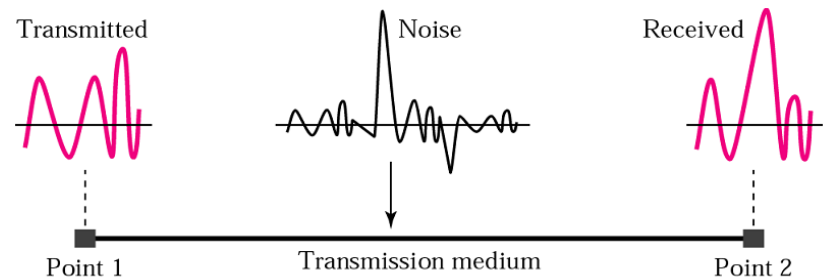
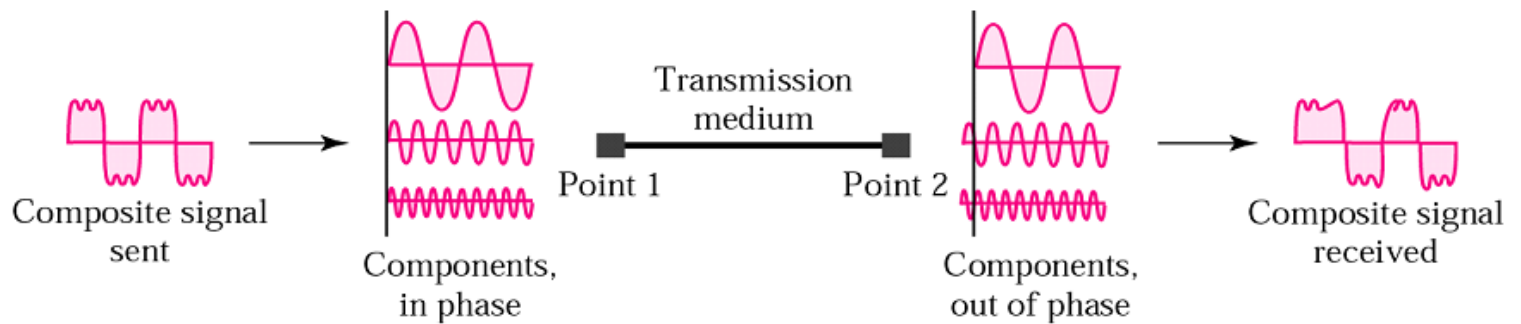
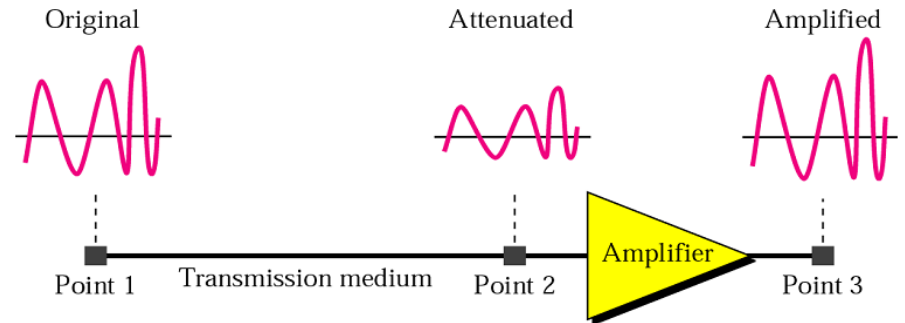


# Fázová digitální modulace



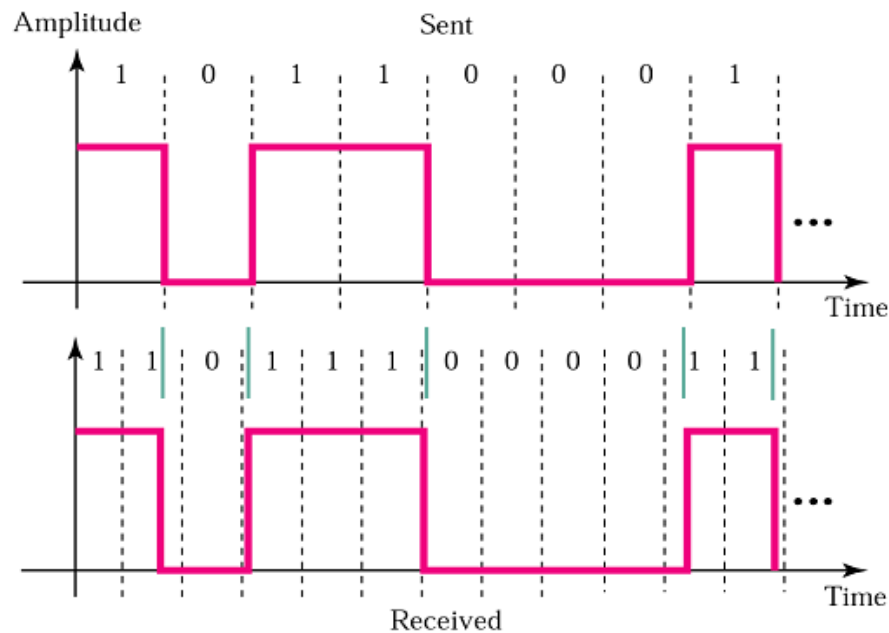
# Defekty signálů

- Útlum
- Zkreslení
- Šum



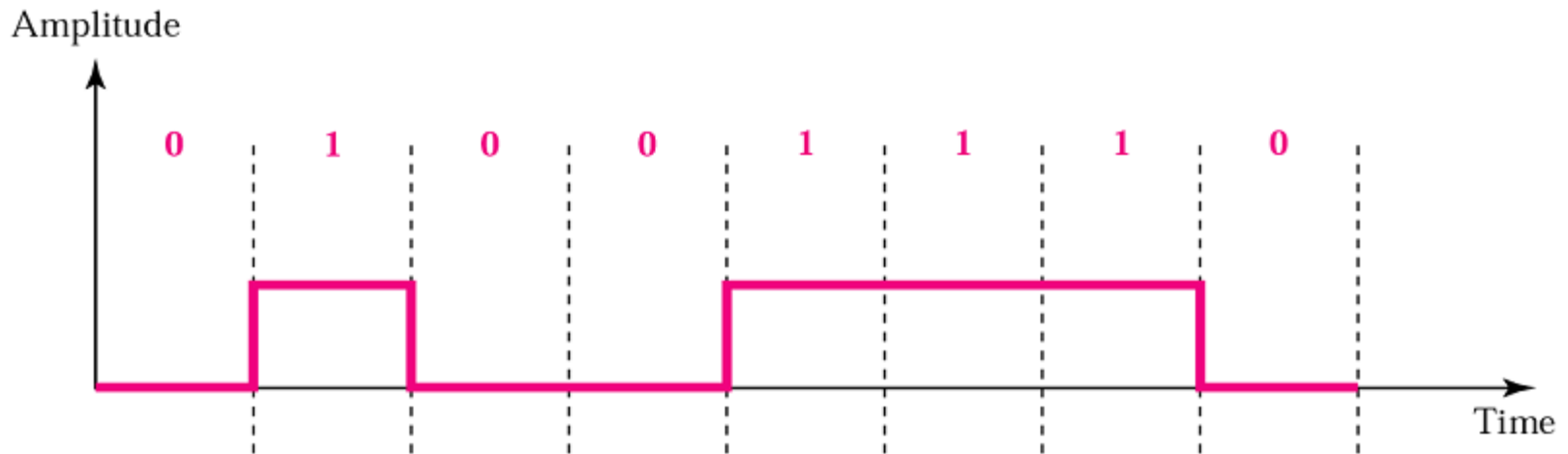
# Digitální přenos - kódování

- Proces konverze binárních dat do digitálního signálu
  - Přímé, NRZ, Manchester, 4B/5B, ...
- Problémem je synchronizace vysílače a přijímače
  - Dlouhé posloupnosti nul nebo jedniček



# Přímé kódování

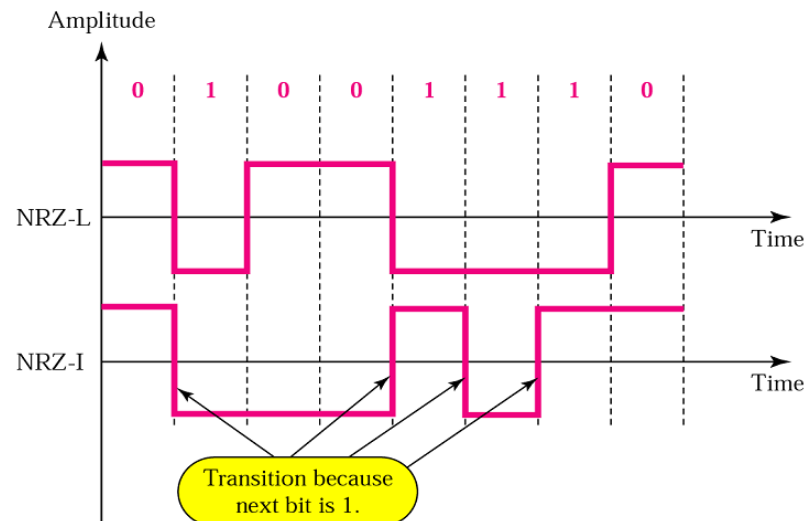
- 1 je kladná hodnota
- 0 nulová hodnota amplitudy
- Synchronizace?





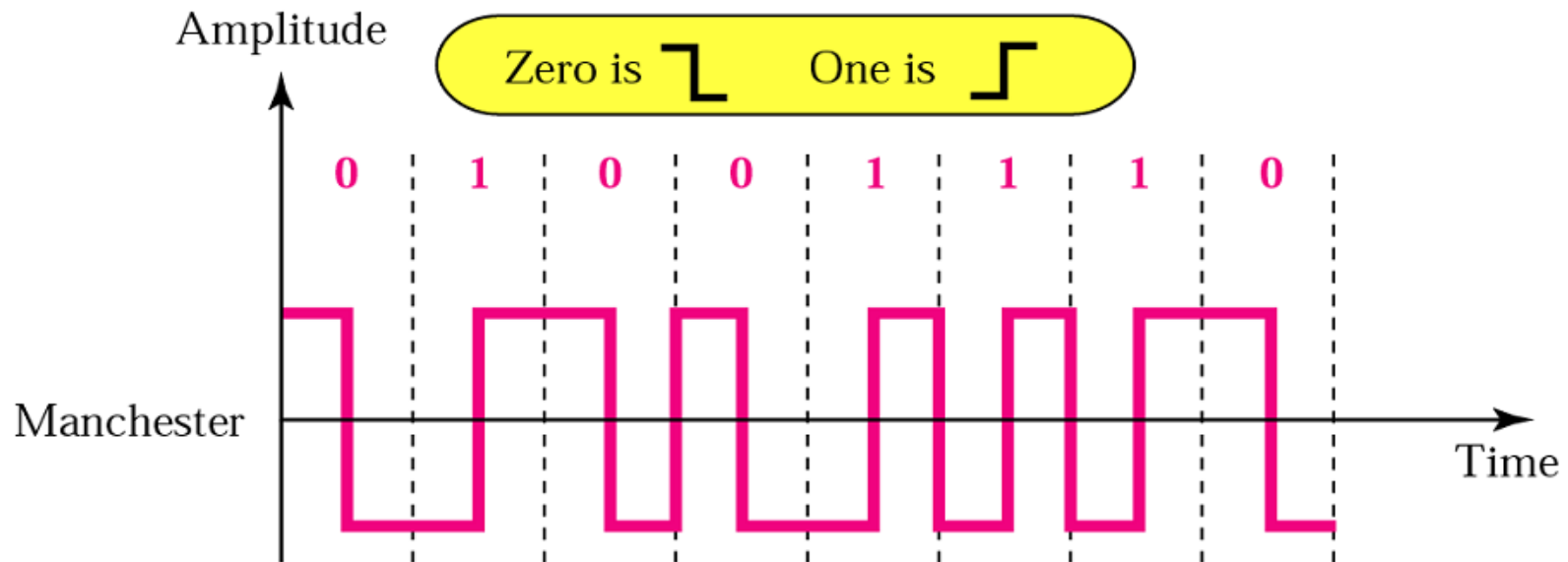
# Kódování NRZ

- NRZ-L (problém synchronizace trvá)
  - 1 = záporná, 0 = kladná amplituda
- NRZ-I (řeší pouze posloupnost jedniček)
  - 1 = změna polarizace amplitudy, 0 = žádná změna



# Kódování Manchester

- Každý bit kódován dvěma prvky
  - Plná samosynchronizovatelnost
  - Ale snížená přenosová kapacita



# Kódování 4B/5B

- Uměle zavedená redundance pro zabezpečení synchronizace
  - Včetně možnosti detekce chyb
- Substituce originálních 4-bitových bloku speciálními 5-bitovými vzorky
  - Nejvýše tři nuly mohou následovat po sobě

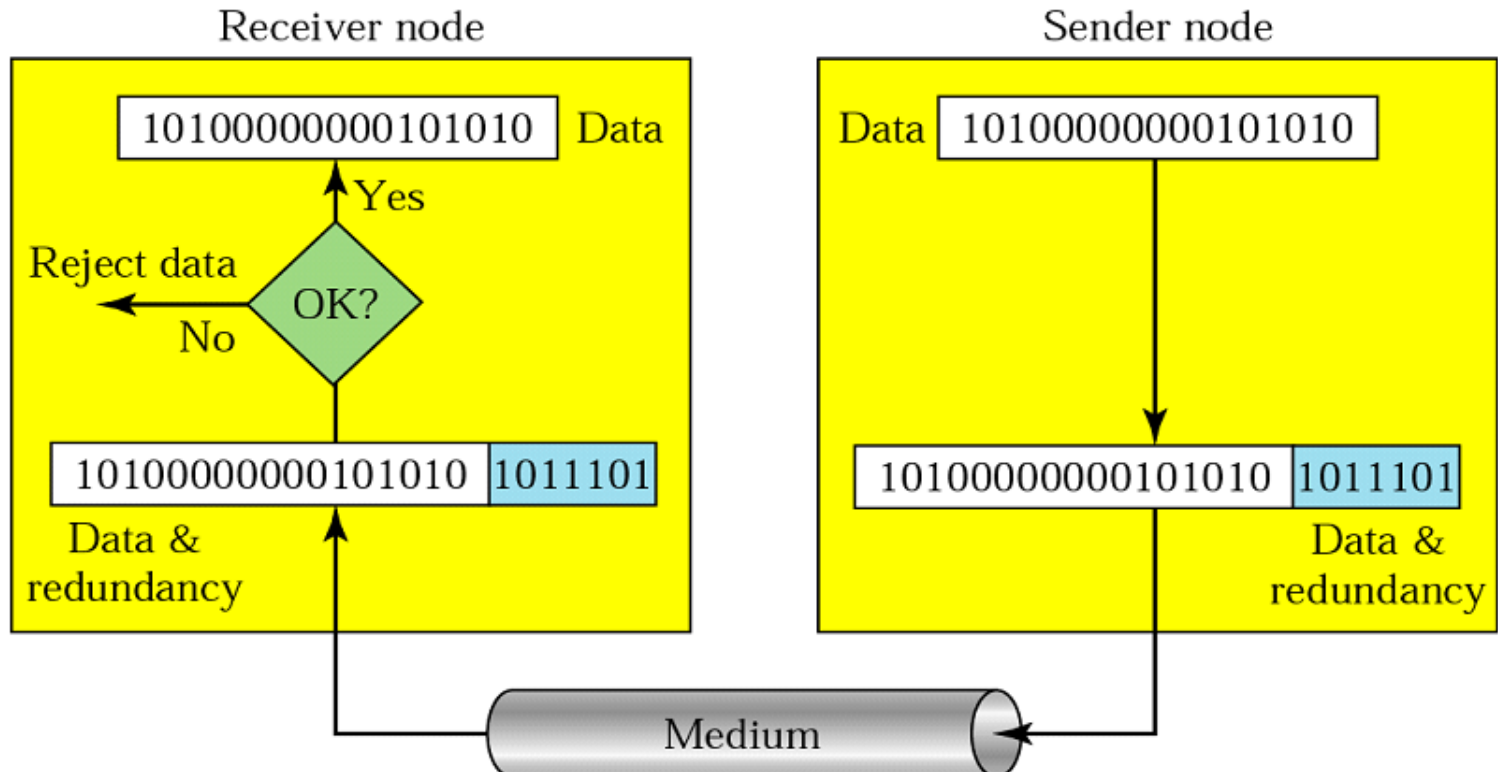
4B	5B	4B	5B
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

# Kódování signálu – chybové řízení

- Vrstva datového spoje
- Fyzická vrstva je vždy (s určitou pravděpodobností) předmětem chyb
  - Chybou je změna hodnoty bitu
    - Např. optická vlákna cca  $10^{-12}$ , wireless cca  $10^{-5}$
- Provádí se detekce/korekce chyb
  - Vysílač přidá bity, jejichž hodnota je funkcí přenášených dat
  - Příjímač spočte stejnou funkci a v případě rozdílu hodnoty detekuje (pokusí se opravit) chybu
    - V případě detekce (nemožnosti opravy) je vyžádáno opakované přenosu

# Proces detekce chyb

- Vysílač přidává k bloku bitů dat bity kódu pro detekci chyb



# Kódy pro detekci chyb

- Sudá/lichá parita
  - K přenášeným bitům dat se přidá 1 bit tak, aby měla sudý/lichý počet jedniček
- Redundance
  - 0->000, 1->111
  - 001->0, 110->1
  - Tento kód dokáže opravit jednu jednobitovou chybu
- Cyklické kódy – CRC
  - Detekce jedno- a dvojbitových chyb
- Blokované kódy

