

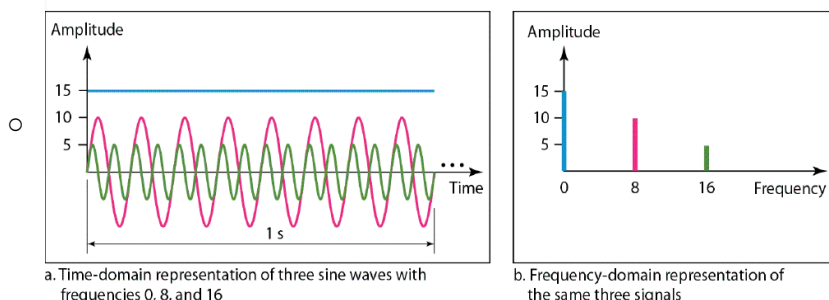
Fyzická vrstva:

- **Spoj** (fyzické) vs. **Kanál** (logické)
- Multiplexing
 - o V čase
 - o Frekvenčnej dómene
 - ? o Dómene kódovania

Signály:

- (a/)periodické
 - o Periodická - sinusovka
 - Charakteristika
 - Amplitúda
 - Frekvencia
 - Fáza
 - ? ▪ Rozložený pomocou **Fourierovej analýzy**
- **Baudova** (sig. prvkov) interval dig. Sig. vs. Bitová rýchlosť / sec. \sim perióda analog. Sig.
- ? - Pásmová propust
- Miera relatívnej sily dvoch signálov / jedného v dvoch miestach sa udáva v **decibeloch**
- ? - **Nyquistova veta**: vzťah medzi šírkou pásma a spôsobom kódovania dát do signálu vymedzuje dosiahnuteľnú rýchlosť prenosu dát
- **Shannonova veta** (počíta so **šumom**): vzťah medzi šírkou pásma a **pomerem energie signálu a šumu** vymedzuje najvyššiu dosiahnuteľnú rýchlosť prenosu dát bez ohľadu na spôsob kódovania dát do signálu
- Frekvenčná dóména vs. Časová dóména reprezentácie analógového signálu:

Frekvenční a časová doména tří sinusových vln

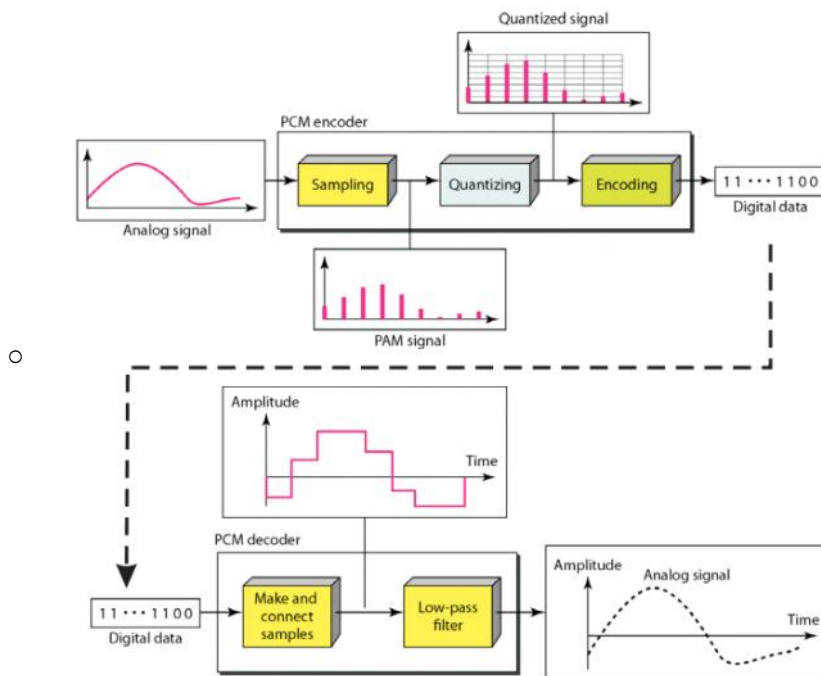


- ? - 29 a nižšie - Fourierova analýza (47. a nižšie)
- ? - 48. strana: šírka pásma
 - Efektívna šírka pásma musí byť **podinterval** šírky prenosového média
 - 39/57 - nerozumiem (ne)spojitosť tých frekvencií
 - Šírka pásma:
 - o Analógova (v Hz, interval frekvencií, ktoré médium prepustí)
 - o Digitálna (max. bit. Rýchlosť, ktorú médium prepustí)
 - o Oboje vyjadrujú rovnakú vlastnosť vyjadrenú inými mierami a jednotkami
- ? - 59 (propusti?)
 - Vysielanie v základnom pásme - priame vysielanie bez modulácie (**baseband**)
 - Širokopásmové vysielanie (**broadband**) signál sa moduluje do kanálu typu pásmova propust
 - Prenosový kanál digitálneho signálu musí byť typu dolná propust s nekonečnou, alebo veľmi širokou šírkou pásma
 - Dolná propust len pre P2P, alebo časový multiplexing
- ? - Skresľovanie - rozdielnosť rýchlosti šírenia signálu rôznych frekvencií
 - Útlm: $10\log_{10}(P_2/P_1)$ (decibelový zisk/strata)
 - **ŠUMY**: Termálne, medzimodulačné, preslechy, impulzné
 - $C = 2B \times \log_2 M$ (M - počet hodnôt prvkov signálu, B - šírka pásma (Hz)) **Nyquistova veta**
 - **BER (Bit error rate)** vyššie = horšie. **SNR (Signal to Noise Ratio S/N)** - menšie (dB) horšie. Menšie SNR = väčšie BER
 - **Shannonova veta**: $C = B \log_2(1+S/N)$

- Priepustnosť - skutočná rýchlosť spojenia - nižšia než šírka pásma
- **Oneskorenie (latency, delay)** = doba šírenia sig + doba vysielanie správy + doba čakania + doba spracovania
 - o Šírenie - propagation
 - o Doba vysielania - Transmission time (dĺžka správy / priepustnosť kanálu)
- Ak je frekvencia jednej zložky zloženého signálu nulová, je priemerná hodnota amplitúdy **kladná!**
- **Matematická reprezentácia signálu: $s(t) = A(\text{amplitúda})(2^{\pi f t} + \text{fáza})$**
- ? - Využitie harmonických zložiek znižuje rýchlosť prenášaných dát

Digitálne vysielanie:

- a/Synchronné sériové vysielanie
 - o Asynchronné - medzi bytami môže byť ľubovoľná medzera, **start a stop bit**
 - o Synchronné - rekonštrukciu bytov robí prijímač. Vysielané súvisle
- **Baudova** rýchlosť ~ modulačná, pulsná
 - o Môže byť pomalšia, ale aj rýchlejšia, než bitová. (koľko prvkov signálu je potrebné na zakódovanie koľkých bitov)
 - o $S = c \times N \times 1/r$ (N - bitová rýchlosť, c faktor rôznorodosti dátových vzorkov, r - počet prvkov dát prenášaných jedným prvkom signálu)
 - o $C = 1/2$ on average
 - o Potrebná šírka pásma je úmerná S.
- Direct current component **dc** - nežiadúca zložka
 - o Neprenositeľná transformátorom, neužitočná záťaž média
- Samosynchronizujúce kódovanie má dvojnásobnú cenu rýchlosti. (kóduje zmenou)
- Typy:
 - o Unipolar - NRZ
 - o Polar - NRZ-L, NRZ-I, RZ, (diferenc.) Manchester
 - o Bipolar - AMI, pseudoternary
 - o Multilevel - 2B/1Q, 8B/6T
 - o Multitransition - MLT-3
 - o Blokové - 4B/5B
- **NRZ - Non Return To Zero**
- ? - Nerozumím 121 šírkam pásiem u jednotlivých typov kódovaní
- Manchester ~ biphase schemes
- Pseudoternary = inversed AMI (0 = 0, 1 = +-1)
- Strata synchronizácie pri postupnostiach 1iek. Eliminuje jednosmerné složky
- **2B1Q - ISDN/DSL** 4 úrovne napätia, každá dva bity kóduje.
- **8B6T - LAN 100BASE-4T**
 - o Eliminovaná jednosmerná zložka. Synchro a oprava chýb - bohatá redundancia
 - o 0 alebo +1. Ak $2^* +1$ za sebou, dá sa invertovaná verzia, s váhou -1 a to prijímač pozná ako inverziu. Eliminácia stejn. Zložky
- **Scrambling** - riešenie problému autosynchronizácie u menej redundandtných kódovaní, ktoré sú lepšie pre väčšie vzdialenosti
 - o B8Z8 (bipolar with 8 zeros substitution)
 - Po + = 000 +- 0 -> (dc sa neakumuluje (jednosmerná zložka)
 - Používa T1 (USA/JPN)
 - o HDB3
 - Používa E1 (EU)
- Útlm
 - o Analog - sa zosilňuje (aj s šumom a chybami)
 - o Digital - sa opakuje (rovnaký)
- **PAM** (pulse amplitude modulation) - stále **analog!**
 - o **PCM** (p.code m.) - kvantuje sa



- Nyquistova veta o vzorkovaní
 - Musí byť aspoň dvojnásobná rýchlosť vzorkovanie, než je najvyššia frekvencia vzorkovaného signálu
- Každý bit navyše pre popis úrovne kvantovania = +6 dB. Cca 4* zvýšený pomer SNR
- **Vysielanie:**
 - **sériové**
 - **Asynchronné**
 - Vhodné pre pomalé spoje + asynch. Aplikácie (klávesnice..)
 - **Synchronné**
 - Potrebné udržiavať synchronizáciu na celý rámec
 - Pc vs. Pc
 - Dekompozíciu na slabiky rieši **dátová vrstva**
 - **Prodlevy** sú riešené prostr. "idle" postupnosťami 0,1
 - **Isochronné**
 - Žiadne medzery
 - Synchronizácia
 - Konštantná rýchlosť
 - ◆ Netreba vyrovnávacie pamäte
 - ◆ Efektívne a lacné
 - **Paralelné**

Analógové vysielanie:

- **Digitálnymi dátmi** možno modulovať signál analógový
 - ASK - amplitúdová digitálna modulácia (Amplitude Shift Keying)
 - Citlivá na šum
 - FSK - frequency
 - PSK - phase
 - QAM - kvadraturní amplitúdová digitálna modulácia ASK + PSK - rýchlejšia.
- Trellis coding - zavádzanie redundancie, pre vyhýbanie sa chybám
- **Analógovými dátmi** možno tiež modulovať
 - AM - šírka pásma musí byť 2* taká, ako šírka modulujúceho
 - FM - 10* taká
- **Prečo treba analog?**
 - Digital potrebuje dolnú priepasť, nedá sa použiť pásmová
 - Éter pustí iba analog
- ? - 168 modulačné demodulačné
- ASK

- OOK (on off keying)
 - Ovlivnená šumem
 - Šírka pásma: $f_c - N_{\text{baud}}/2$ až $f_c + N_{\text{baud}}/2$

Využívanie šírky pásma (multiplexing, rozprostorovanie)

- Rozprestieranie spektra *spread spectrum* (SS)
- FHSS (skáče na rôzne frekvencie rôzne množstvo oných v pseudonáhodnú dobu)
- DSSS
- **SCPC** single channel per carrier **vs. Multiplexing**
- **DWDM - Dense WDM**
- **Synchronný TDM**
 - TDM frame / rámec
- Statistický TDM
 - Rieši dátová vrstva, že komu koľko času
- Digital Carrier System
 - DS-1 (T1) 24 kanálov (sampleruje 8000 x /s)
 - Každých 124 mikrosekúnd vysiela sa TDM rámec 193 bitov ($8 \cdot 24 + 1$) 0.bit je synchronizačný (alternuje 0,1)
 - Vysiela sa $8000 \cdot 193 = 1.544000$ Mb/s
- DS-1 = AMI, B8ZS
- DS-3 = HDB3
- DSSS - n of chips. Chips are redundancy. Chips must be transmitted as fast as the original bit thus wider bandwidth is necessary

Prenosové médiá

- Vodené (guided)
 - Twisted pair - krútená dvojlinka
 - Koaxiál - vyššia frekvencia, než TP
 - optické vlákno
 - Multimód - viac paprskov z jedného zdroja svetla
 - jednomód
- Nevodené (unguided)
 - Rádiové - všesměr
 - Mikrovlny - mobil, satelit, LAN
 - Infračervené - krátke vzdialenosti
- Optické vlákno
 - Multimode step-index
 - Konst. hustota jadra
 - Rôzne cesty, rôzne paprsky
 - Neurčitý výsledok
 - Multimode grade index
 - Hustejšie v strede
 - Stojatým vlnením rôzne paprsky
 - Určitý výsledok
 - Single mode
 - Konštantná malá hustota
 - Malý index lomu, skoro rovnobežné šírenie
 - Veľmi presný výsledok
- Šírenie éterom
 - 0-2 MHz - pozemné
 - 2-30 MHz - odraz od ionosféry
 - 30 + MHz - line of sight
- 0 - 1 GHz - rádiové vlny
 - AM, FM, TV, paging...
- 1 až 300 GHz - Mikrovlny
 - P2P, mobility, satelity, WLAN

- Infra - 300 GHz - 400 THz
 - o Pripojenie myši, klávesnice, tiskárny
 - o IrDA (Infrared data association)
 - o Do 4 Mb/s < 8 metrov
- Isotropický vyžarovač
 - o Vo všetkých smeroch zhodné vyžarovanie

pro isotropní anténu platí $ztráty = P_v/P_p = (4\pi d)^2/\lambda^2$
 (P_v/P_p je vyžarovaný/přijímaný výkon, λ je vlnová délka)
- obecně platí, že energie signálu se vzdáleností klesá, na nižších frekvencích rychleji
- Opar od 22 GHz
- Dážď a mlha rádiové rozptýli

Použitie telefónnych a káblových sietí pre prenos dát

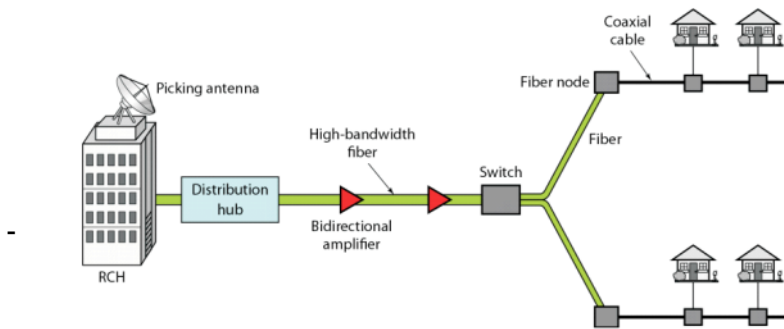
- Signál STS
 - o Predpis formátovania rámcov, nie časová funkcia

? - 347 ignored

ADSL, Asymmetrical Digital Subscriber Line



- Podkanály majú šírku 4 kHz - **DMT** (discrete multitone - FDM + QAM)
 - o Kvôli šumu sa modem rozhodne na každej frekvencii pomerom signál/šum o tom, koľko 0-64 kbps použiť
- **HDSL - high data rate digital subscriber line**
 - o Ako T1/E1 1,544 Mb/s do 3,5km (T1 do 1km)
 - o 2B1Q. 1. polarita, 2. amplituda
- **SDSL - Single line DSL, Symmetric DSL**
 - o 16-PAM (4bit/ baud (3:1))
- **VDSL (68Mb/s 52:6,4 / 34:34)**
- **ADSL2**
 - o **ADM - All Digital Mode**
 - o Upstream vďaka tomu až 2Mb/s
- **ADSL2+**
 - o Zvyšované horné kmitočty 2,208 MHz
 - o **25 Mbit/s, 1,5Mbit/s**
- **ADSL2++**
 - o 3.75 MHz
 - o **40 Mbit/s!!**



- ✓ **RCH** (Regional Cable Head) až 400 000 účastníků,
- ✓ **Distribution Hub** – regionální centrum – až 40 000 účastníků
- ✓ na koaxiálu typicky až 1000 účastníků
- ✓ obousměrná síť, účastník může být v interakci s poskytovatelem služeb na Internetu, který mu zpřístupňuje regionální centrum nebo RCH

- - HFC - pásma v koaxiálu,
 - 6 MHz (downstream) - 30 Mbit/s (real 27)
 - Upstream - QPSK < 12 Mbit/s
 - Video má 80 kanálů po 6 MHz
- CMTS - cable modem transmission system
 - U poskytovatele - zberá data z fiber a hází do combiner
 - CM spouští ranging, keď sa pokúša kontaktovať CMTS
 - Vyžiada si IP
 - Vymenia si paket o bezpečnosti
 - Identifikátor do CMTS
 - Súperenie
- SONET robí TDM (time division modulation pseudo) na rámce jednotlivých DS. DS-i rámce
 - Synchronous transport signal - STS-1 až 3072 **standardy formátov rámcov a rýchlostí**
 - OC-i (optical carriers - štandardy)
 - 51 Mb/s - 159 Gb/s
 - STS-1 + STS-1 + STS-1 + STS-1 + ... + STS-1 -> **STS-N**
- SDH signály
 - STM-1 (synchronous transport module) od 155 Mb/s kompatibilné s EU hierarchiou E spoje
- STS-1 zákl. stav. Rámec SONET. 125 mikrosekúnd 8000 krát. - 51.84 Mb/s
- SOH, LOH, POH (záhlavia)
- Virtual tributaries (podobné DS1,2, E1..)

Chyby prenosu

- ARQ - automatic request for transmission
- FEC forward error correction
- Hammingové kódy:
 - **Hammingovy (n, k) blokové opravné kódy** kódujú k -tice datových bitů do n -bitových kódových slov, přičemž
 - ✓ při počtu kontrolních bitů v bloku: $m = n - k, m \geq 3$
 - ✓ mají délku bloku kódového slova: $n = 2^m - 1$
 - ✓ tj. počet datových bitů v bloku: $k = 2^m - 1 - m (= 2^m - m - 1)$

Riadenie dátového spoja

- HDLC - protokol implementujúci ARQ, podporuje viacbodové spojenia
 - Normal Response Mode
 - Asynchronous Balanced Mode
 - Využíva frames
 - Information
 - Supervisory

- Unnamed
- **H**igh level **D**ata **L**ink **C**ontrol
- NRM - Unbalanced
 - 1:1 / 1:n primárny na sekundárne (príkazy na odpovede)
- ABM
 - 1:1
 - Žiadne straty vyzývaním
- Podobné ako NRM, ale sekundárna môže vysielat' bez príkazu
- Rámec:
 - Flag, adress, control, information, fcs, flag