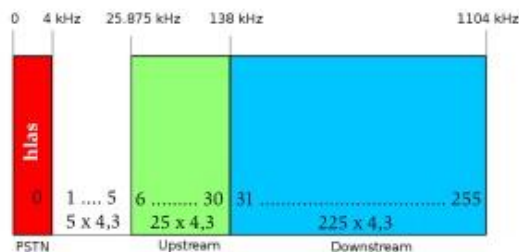
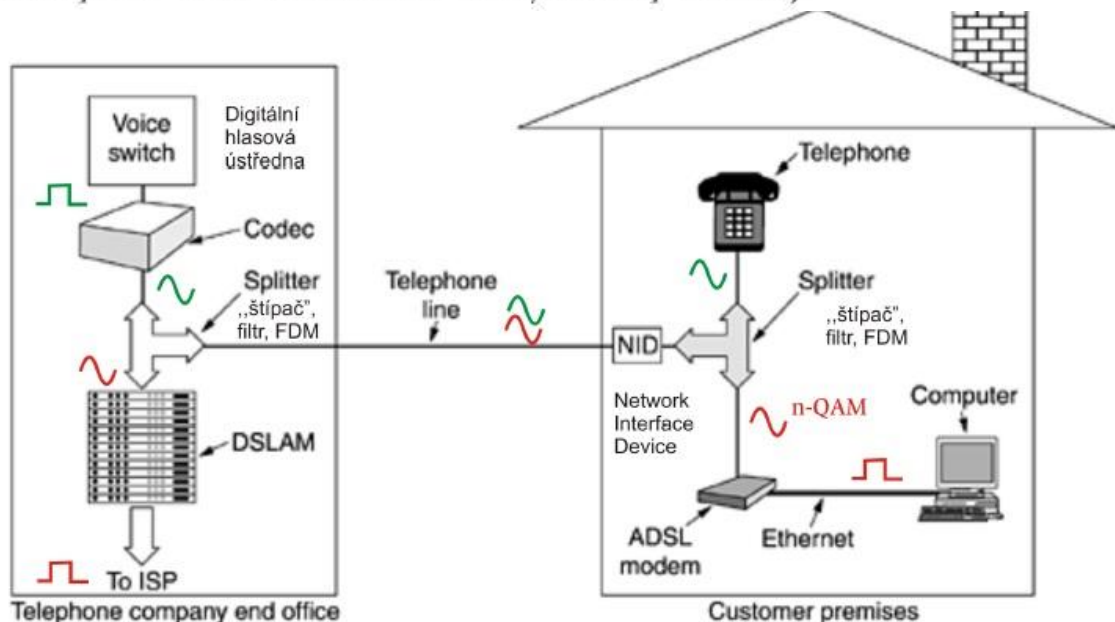


**Vysvetlite princíp fungovania ADSL  
a architektúru zapojenia modemu**



- ADSL je adaptivní technologie, používa datovou rychlost odpovídající okamžitým šumovým podmínkám na místní smyčce
- na místní smyčce se hlasový a datový přenos sdílí pomocí 256 FDM kanálů s šířkou pásma po 4 KHz
- prvních 25 kHz šířky pásma je určený hlasový přenos, **kanál 0**, stačí mu tradiční telefonní šířka pásma 4 kHz a je oddělený od datových přenosů oddělovacími **kanály 1 – 5**
- poté se vyhradí šířka pásma 200 kHz pro 25 *upstream* (odchozích) **kanálů 6 – 30**, modulace v kanálu QAM – až 15 b/bd,
  - tj. až  $2^{15} = 32\,768$  kombinací hodnot fáze a amplitud,
  - tj. de facto se využívá kanál s rychlostí 0 – 64 kb/s
  - 25 kanálů = 24+1, uživatel + řízení
  - $24 \times 4\,000 \times 15 = 1\,440\,000$ ,
  - tj. odchozí rychlost přenosu dat až 1,44 Mb/s
- zbytek (do 1,1 MHz) se použije pro *downstream* (příchozí) **kanály 31 – 255**, QAM, až 15 b/bd, 225 kanálů = 224+1, uživatel + řízení)
  - $224 \times 4\,000 \times 15 = 13\,500\,000$ ,
  - tj. příchozí rychlost přenosu dat až 13,5 Mb/s
  - (prakticky ne více než 8 či 9 Mb/s díky šumu)

Zapojenie ADSL modemov:



Vypočítajte frame check sequence CRC kódu ku správe 10011, je zadaný deliteľ:  $x^2 + x + 1$

□ Nechť zpráva  $D = 10011_2$ , tedy  $D(X) = X^4 + X + 1$

□ Nechť 3-bitový klíč má reprezentaci

$G(X) = X^2 + X + 1$  (tj. binárně  $111_2$ ),  
generující 2-bitový FCS:

✓  $x^2(x^4+x+1)/x^2+x+1=$ , tj.

$$\begin{array}{r} x^6 + 0 + 0 + x^3 + x^2 + 0 + 0 \\ x^6 + x^5 + x^4 \\ \hline x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + 0 + 0 \\ x^5 + x^4 + x^3 \\ \hline x^2 + 0 + 0 \\ x^2 + x + 1 \\ \hline x + 1 \end{array}$$

✓  $x + 1$  má reprezentaci  $11_2$  a kódové slovo je tedy  $T = 1001111_2$

Popíšte formát rámcov T1, prečo majú 193 bitov a prečo je rýchlosť prenosu 1,544 Mb/s

□ multiplexuje se 24 kanálů –

vzorkuje se 24 telefonních hovorů  $8\,000 \times /s$

□ v pěti rámcích po sobě se vzorky kódují do osmic bitů

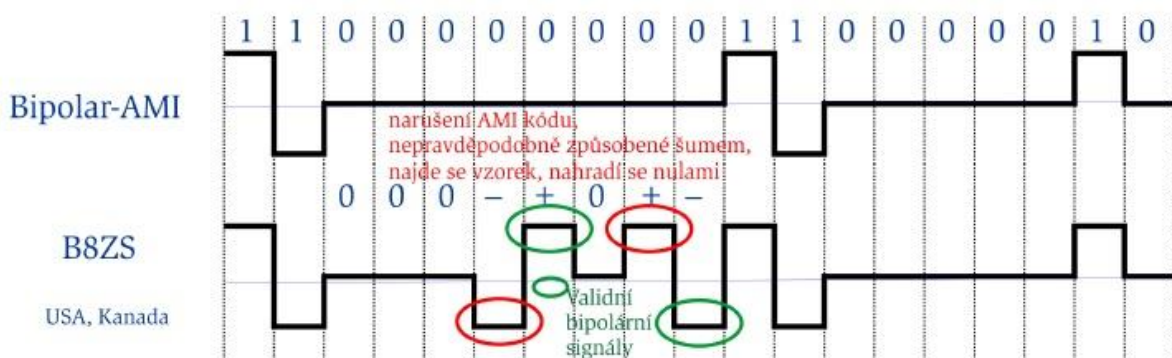
□ v šestém rámci se vzorky se kódují do sedmic bitů,  
8. bity vzorků jsou řídicí, v každém hlasovém kanálu se  
vytváří řídicí kanál pro síťové řízení a směrování

□ každých  $125 \mu s$  se vysílá TDM rámec 193 bitů ( $8 \times 24 + 1$ ),  
každému ze 24 telefonů/kanálů v rámci  
odpovídá jedna 8-bitová pozice

□ 0. bit v rámci je synchronizační,  
alternuje hodnoty 1 a 0 v následných rámcích

□ vysílání se děje rychlostí  $8\,000 \times 193 \text{ b/s} = 1,544 \text{ Mb/s}$

Príklad na B8ZS, daná postupnosť bitov 110000000110000010, zapísať ako bude vyzerat signál



## CSMA, strategie naléhání na vysílání

### □ CSMA/1-persistent, naléhající, „hladový algoritmus”

- ✓ stanice zjistí volné médium
  - vysílá rámec okamžitě, tj. s pravděpodobností 1
- ✓ stanice zjistí obsazené médium
  - znovu testuje médium
- ✓ zvyšuje se pravděpodobnost kolize, používá Ethernet

### □ CSMA/nonpersistent, nenaléhající

- ✓ stanice zjistí volné médium – vysílá rámec
- ✓ stanice zjistí obsazené médium
  - vyčká náhodnou dobu před před příštím testováním média
- ✓ snižuje se pravděpodobnost zjištění volného média více stanicemi současně, snižuje se efektivnost, když médium je volné a stanice mají připravené rámce k vysílání

### □ CSMA/p-persistent, naléhající s pravděpodobností $p$

- ✓ stanice „hladově” testuje médium, dokud nezjistí volné médium a pak
  1. s pravděpodobností  $p$  – vysílá rámec okamžitě
  2. s pravděpodobností  $1 - p$  – znovu testuje médium za  $\Delta t$ 
    - a) je volné – jde na krok 1
    - b) je obsazené médium – znovu testuje médium za  $r\Delta t$  kde  $r$  je náhodné číslo z postupně rostoucího intervalu
- ✓ redukuje se pravděpodobnost kolize a zvyšuje se efektivnost

### Prečo frekvenčná modulácia nedosahuje takú bitovú rýchlosť ako amplitúdová

"Pre analógové vysielanie digitálnych dát je to ASK a FSK.

ASK je viac náchylný na šum, používa jeden nosný signál, potrebná šírka pásma je

$B = (1+d)*S$  ( $S$  = Baudova rýchlosť).

FSK používa 2 nosné signály, jeden pre 0 a druhý pre 1, potrebuje dvojnásobnú šírku

pásma  $B = (1+d)*S + 2\Delta f$  ( $S$  = Baudova rýchlosť,  $2\Delta f$  = frekvenčná vzdialenosť nosných signálov).

Pre rovnakú šírku pásma môže mať ASK dvojnásobnú rýchlosť než FSK."

### Popíšte fungovanie bitovo orientovaného protokolu na prenos rámcov bit stuffing

Bit stuffing je spôsob, ako zaistiť transparentnosť textu vložení nevýznamového bitu (jedného alebo viacerých).

Dôvodom je zaistenie synchronizácie medzi vysielateľom a prijímateľom alebo zaistenie toho, aby sa nevyskytla sekvencia bitov so špeciálnym významom.

V komunikačnom protokole HDLC zabraňuje bit stuffing tomu, aby sa v prúde dát objavila sekvencia bitov 01111110, ktorá označuje začiatok alebo koniec rámca, a to konkrétne tak, že pokiaľ sa v dátach objaví päť po sebe idúcich jedničiek, vloží sa za ne jeden nulový bit. Vkladá sa teda vždy nulový bit, jednička nikdy."

Prijímač po prijatí piatich 1 kontroluje ďalší bit: Ak je to 0: vypustí sa,

Ak 1: ak je ďalší bit 0, prijal príznak začiatku/konca rámca, v opačnom prípade sa indikuje katastrofická chyba



## Popíšte techniku riadenia prístupu k médiu CDMA

### □ CDMA

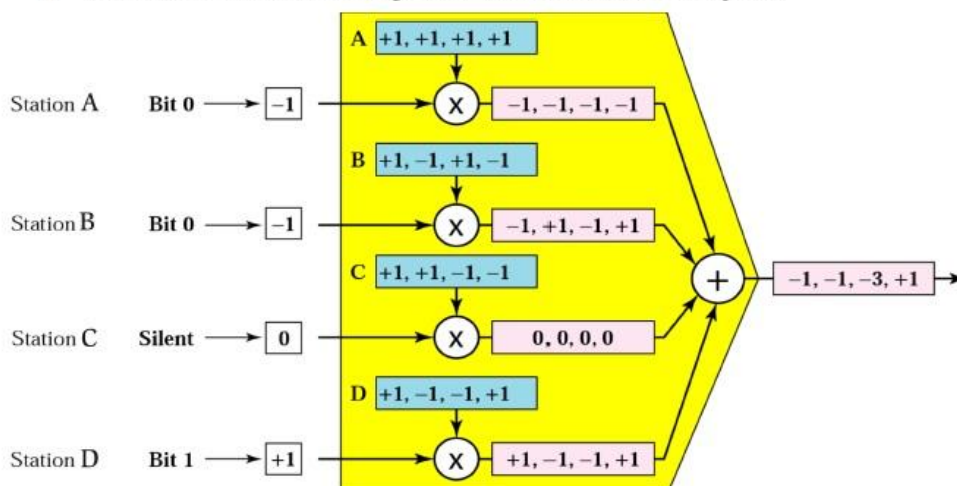
- ✓ kódový multiplex ve fyzické vrstvě
- ✓ všechny stanice současně používají totéž pásmo
- ✓ každá stanice kóduje vysílaná data do nosného signálu unikátně
- ✓ cílový přijímač toto unikátní kódování zná
- ✓ kódování dat je voleno tak, že vysílání ostatních stanic příjemce chápe jako šum

### □ Chips – unikátní kód stanice

- ✓ bitová posloupnost vysílaná v úpravě respektující zda stanice vysílá datový bit 1 nebo 0
- ✓ vyšle se za dobu intervalu 1 bitu dat – zakódované bity se vysílají se vyšší rychlosti než rychlost přenosu dat
- ✓ CDMA patří do kategorie metod **Spread Spectrum** – rozprostřování spektra (vysílá se vyšší rychlostí)
- ✓ v reálné praxi je „chips“ bitová posloupnost délky 128 apod. bitů

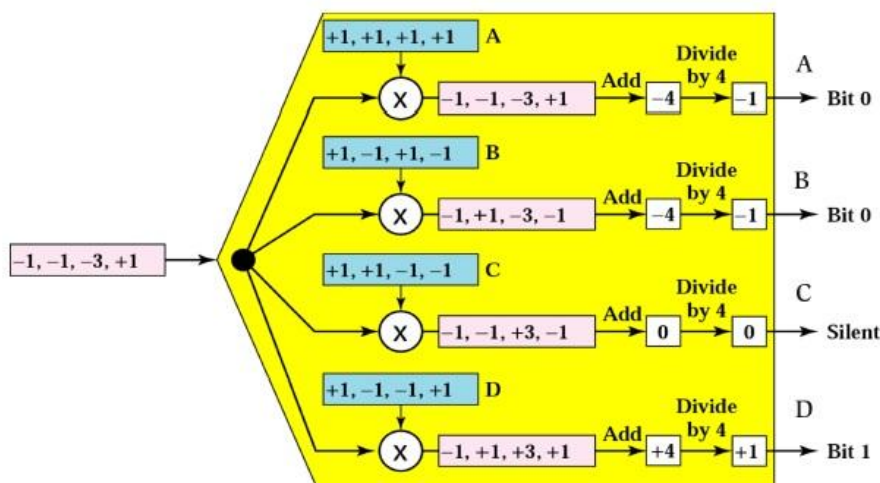
- ✓ Nechť stanice C nevysílá a stanice A, B, D vysílají do základny data: A vysílá 0, B vysílá 0, D vysílá 1

- ✓ Do média CDMA multiplexor stanic A, B, C, D vysílá:



- Nechť z média přichází signál -1, -1, -3, +1

- Demultiplexor základny signál přijímá a dekóduje:

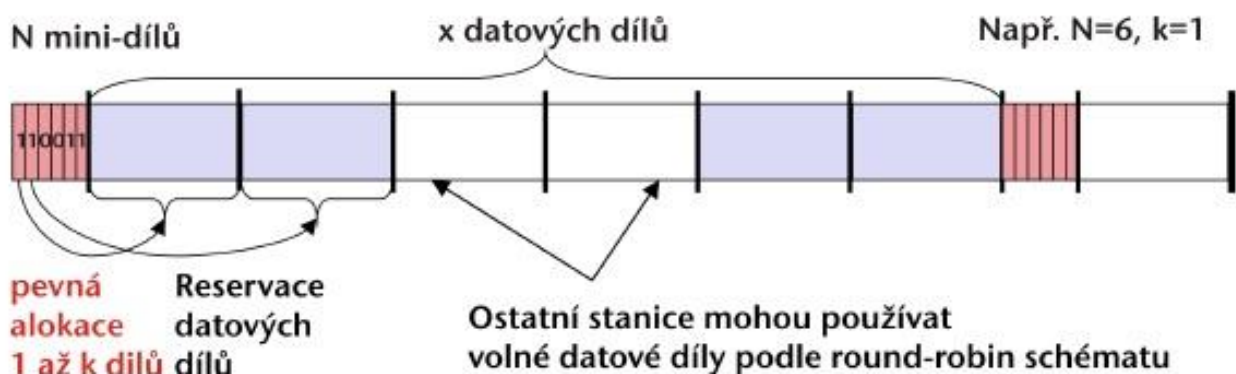


Blokový kód, popísať v akých situáciách vieme, že nenastala chyba, v akých dokáže detekovať a opraviť chybu, v akých len detekovať a v akých chyba nebude detekovaná

- každý  $k$ -bitový blok dat je kódovaný na  $n$ -bitový blok – **kódové slovo** (codeword)
- prenese se kódové slovo
- prijímač prijaté kódové slovo dekóduje a platí
  - ✓ **prenos byl bezchybný**, přijalo se validní kódové slovo  
dešifrováním se dostává původní blok dat,
  - ✓ **většinu chyb lze detekovat a opravit** (na původní blok dat), přijaté nevalidní kódové slovo má jediné **nejbližší** validní kódové slovo
  - ✓ **některé chyby lze detekovat, ale ne opravit**,  
detekovanou chybu nelze určit jednoznačně,  
poněvadž **nejbližších** validních kódových slov je více než 1
  - ✓ **velmi málo chyb nelze detekovat**,  
přijaté kódové slovo odpovídá **nesprávnému** validnímu kódovému slovu, získávají se chybná data

Ako funguje rezervačné TDMA

- ✓  $N$  stanic se zaručitelnou minimální rychlostí přenosu
- ✓ Každý rámeček TDMA sestává z  $N$  **mini-dílů** o šířce  $k$  bitů a  $x$  **datových dílů**
- ✓  $i$ -tá stanice má přidělený  $i$ -tý mini-díl a jeho bezkolizním vysláním si v něm může rezervovat až  $2^k - 1$  datových dílů,  $x = N \times (2^k - 1)$
- ✓ v nevyužitých datových dílech mohou vysílat data stanice např. podle nějakého cyklického plánovacího algoritmu



- obcházení kolizí
- stanice použije některou ze strategií perzistence
- po získání práva přístupu k médium počká po pevnou dobu **IFG** (*Interframe gap*), resp **IFS** (*Interframe space*)
- po té vyčká po náhodnou dobu
- je-li nyní médium volné, vyšle rámec a nastaví čekací dobu
- pokud v čekací době získá potvrzení (rámec od přijímače vyslaného rámce), vyslání rámce bylo úspěšné
- pokud v čekací době nezíská potvrzení, vyslání rámce bylo neúspěšné
  - ✓ došlo ke ztrátě / kolizi rámce
  - ✓ došlo ke ztrátě / kolizi potvrzení
- po zjištění neúspěchu sníží počet možných opakování, vyčká náhodnou dobu a vrací se na pokus o vyslání rámce
- v každém opakování se zvětšuje interval pro volbu doby čekání na opakování pokusu o vysílání
- IFG před vysíláním potvrzení se liší při vysílání rámce s daty a rámce s potvrzením, pro potvrzení je IFG kratší, potvrzování má vyšší prioritu
- CSMA/CA – aplikace v bezdrátových LAN

Útlm signálu je -10dB. Aký výkon ma signál na strane prijímača, ak sa vyslal s výkonom 5 W ?

- Útlum signálu je -10 dB. Jaký výkon má signál na straně přijímače, když se vysílal výkonem 5 W ?
  - ✓  $-10 = 10 \log_{10}(P_2/5)$ ,  $-1 = \log_{10}(P_2/5)$ ,  $0,1 = P_2/5$ ,  $P_2 = 0,5 \text{ W}$

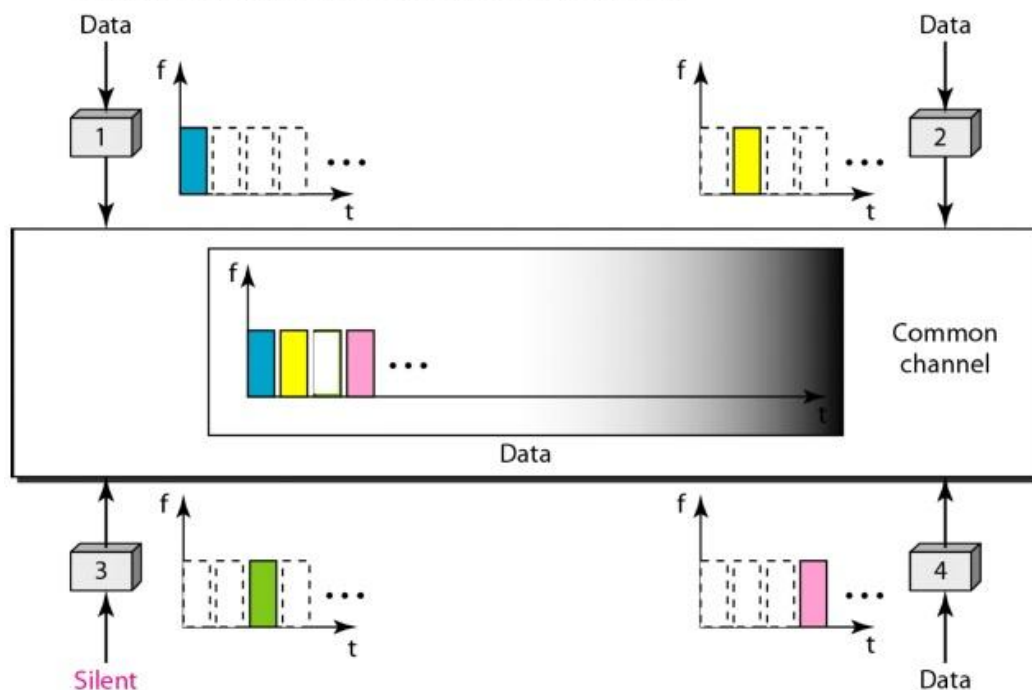


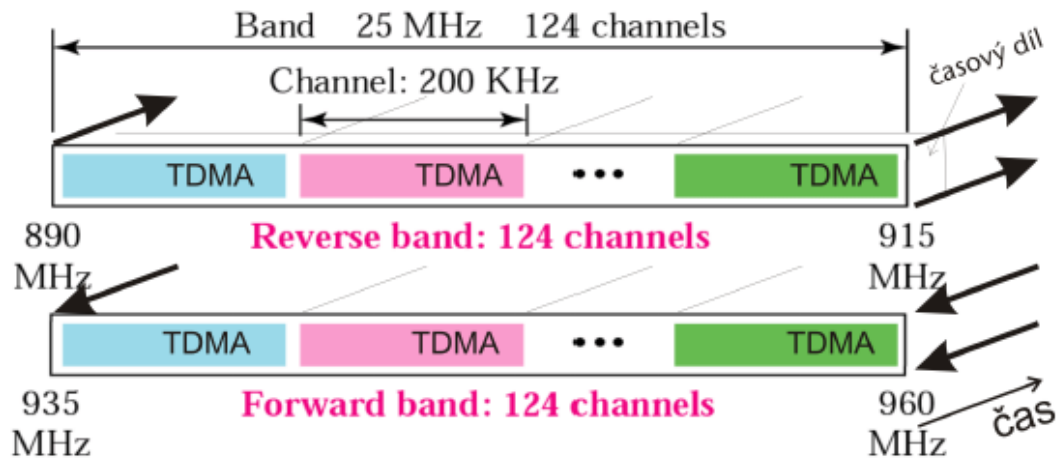
Aká je velikost sliding window v Go-Back-N ARQ a proč

- rozměr okna musí být  $< 2^m$ , kde  $m$  je bitová šířka čísla rámce
- rozměr okna může být nejvýše  $2^m - 1$
- Proč ? Ilustrace na příkladu  $m = 2$ , rozměr okna = 3 ( $< 2^2$ )
  - ✓ nechť vysílač vyslal rámce 0, 1, 2 a přijímač je přijal
  - ✓ přijímač vyšle potvrzení rámců 0, 1, 2 a očekává rámeček 3
  - ✓ nechť se ztratí potvrzení rámců 0, 1, 2
  - ✓ po časovém limitu nechť vysílač znovu vyšle rámce 0, 1, 2
  - ✓ přijímač chtěl rámeček 3, rámce 0, 1, 2 potvrdí žádostí o rámeček 3, ale jako duplikáty je ignoruje
- Ilustrace na příkladu  $m = 2$ , rozměr okna = 4 ( $2^2$ )
  - ✓ nechť vysílač vyslal rámce 0, 1, 2, 3 a přijímač je přijal
  - ✓ přijímač vyšle potvrzení rámců 0, 1, 2, 3 a očekává rámeček 0
  - ✓ nechť se ztratí potvrzení rámců 0, 1, 2 a 3
  - ✓ po časovém limitu nechť vysílač znovu vyšle rámce 0, 1, 2 a 3
  - ✓ přijímač chtěl rámeček 0, rámce 0 přijme jako nový rámeček 0 a ne jako duplikát

TDMA - vysvětlit princip

- ✓ časový multiplex ve fyzické vrstvě
- ✓ zpřístupňuje implementaci TDM ve fyzické vrstvě
- ✓ v podstatě pouze organizační úloha
- ✓ aplikace typicky v buňkových mobilních sítích (GSM), v kombinaci s FDMA se metoda TDMA uplatňuje v každém udržovaném frekvenčním pásmu





124 dvojic **simplexních** radiový kanálů. Každý takový **simplexní** radiový kanál má šířku 200 MHz.

V každém simplexním radiovému kanálu se pomocí TDM se udržuje 8 **fyzických kanálů**.

Každému **fyzickému kanálu** se opakovaně (periodicky) přiděluje jeden časový díl, pro duplexní spojení se pro jednotlivé směry používají fyzické kanály realizované v různých časech. V jedné buňce může být aktivních až 992 (124 x 8) **fyzických kanálů**.

TDMA:

**Rámec TDM** tvořený 8 časovými díly (s časovým prostorem pro 156, 25 b) je sám „časovým dílem“ v **multirámci** GSM. Multirámec tvoří 26 **rámců TDM**. **Multirámec** pokrývá časový prostor 120 ms, teoretická přenosová rychlost kanálu GSM =  $(1/120 \text{ ms}) \times 26 \times 8 \times 156,25 = 270,8 \text{ kb/s}$

#### □ **kanál** obecně:

- ✓ útvar, logická/fyzická struktura pro realizaci přenosu dat

#### □ **fyzický kanál GSM** – „syntax“

- ✓ je vymezený časovým dílem v TDMA rámcích v jedné nosné frekvenci
- ✓ organizace přenosu informací ve fyzickém kanálu se zajišťuje přidělením **logických kanálů** do fyzických kanálů

#### □ **logický kanál GSM** – „sémantika“

- ✓ organizační nástroj pro přenos různých typů informací fyz. kanálem
- ✓ je realizovaný ve fyzickém kanálu, ne nutně však ve všech jeho časových dílech, v 1 fyz. kanálu lze multiplexovat více log. kanálů
- ✓ **traffic channel** – logický kanál pro přenos uživatelských dat (*user data, payload, ...*)
- ✓ **control channel** – logický kanál pro přenos řídicích (protokolárních) dat (*signalling*)
- ✓ řídicí kanály se s datovými kanály prokládají ve fyzických kanálech definovaným způsobem

**Příklad na Shannonovu vetu** - šířka pásma 4 kHz, zdroj 10 V, šum 5 mV, vypočítat bitovou rychlost

- Měřením šumu v telefonním kanálu se zjistila hladina šumu 5 mV. Signál se vysílá výkonem 10 V. Kanál má šířku pásma 4 KHz. Jakou nejvyšší rychlostí lze tímto kanálem přenášet data ?

- ✓  $4000 \log_2(1 + 10/0,005) = 43\,866 \text{ b/s}$



- **Přepínač na bázi časového multiplexingu** rozděluje vstupy do časových dílů pomocí TDM. Vstup vysílá k adresovanému výstupnímu zařízení řídicí jednotka.
- Dva příklady přepínač na bázi časového multiplexingu – **záměny časových dílů** a **TDM sběrnice**
- Prostorové přepínače a přepínače na bázi časového multiplexingu lze kombinovat
- Příkladem sítě s přepínáním okruhů je (pevná) **telefonní síť**
- Telefonní síť tvoří tři komponenty – **místní smyčky** (*local loops*), **vedení** (*trunks*) a **ústředny** (*switching offices*)
- Telefonní síť provozuje poskytovatel telefonních služeb / operátor
- Poskytované služby – hlasové služby, datové služby

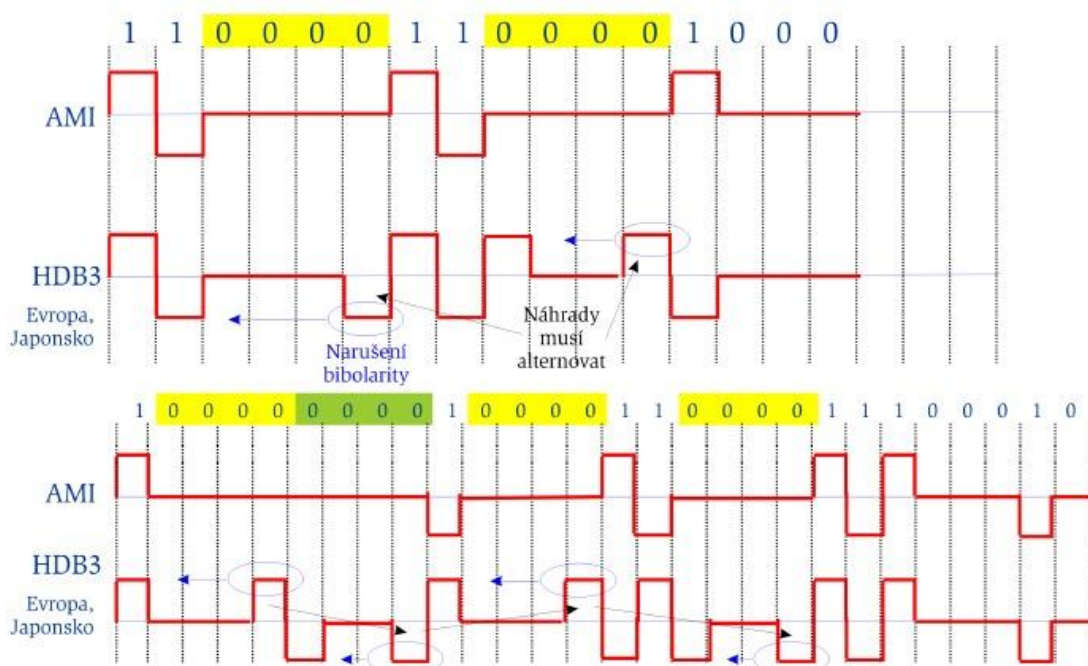
#### Riadenie prístupu k médiu Reservation Aloha (Explicitná rezervácia)

- typické pro satelitní přenosy (topologie hvězda)
  - ✓ postupně se střídají dva režimy činnosti
  - ✓ **rezervační režim (slotted) Aloha** – soupeření o malé rezervační časové díly, může docházet ke kolizím, vítěze ve slotech určí rozpozná satelit a pošle zpět všem soupeřícím stanicím v jednom časovém dílu **rezervační seznam**
  - ✓ **režim pro přenos dat** – úspěšné stanice vysílají v rámci úspěšně rezervovaných časových dílů (bezkolizní režim)
- všechny stanice musí znát konzistentní rezervační seznam a tudíž všechny stanice se musí synchronizovat



- **Hammingovy  $(n, k)$  blokové opravné kódy** kódujú  $k$ -tice datových bitů do  $n$ -bitových kódových slov, pričemž
  - ✓ 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:  $k = 2^m - 1 - m (= 2^m - m - 1)$
- platí, že blokové Hammingovy kódy  $(2^m - 1, 2^m - m - 1)$  s  $d_{min} = 3$  lze nalézt pro všechna  $m$ 
  - ✓ lze tudíž v kódových slovech délky  $2^m - 1$  opravovat 1-bitové chyby
  - ✓ přitom platí, že se vzrůstem  $m$  poměr  $k/n$  se blíží k jedné a režijní náklady relativně klesají
  - ✓ Má-li datové slovo 11 bitů, Hammingův kód s  $d_{min} = 3$  musí mít formát  $C(15, 11)$  – musí platit  $k = 2^m - 1 - m \geq 11$ , tj.  $m = 4$
- **Lze ukázat, že platí (obecně pro FEC)**
  - ✓ pokud existuje  $t$ , pro které je v daném kódu  $d_{min} \geq 2t + 1$ , pak lze tímto kódem opravovat až  $t$ -bitové chyby, resp.  $t = \lfloor (d_{min} - 1)/2 \rfloor$  (pro připomenutí:  $\lfloor 6, 3 \rfloor = 6$ )
  - ✓ pokud existuje  $t$ , pro které je v daném kódu  $d_{min} \geq 2t$ , pak lze tímto kódem opravovat až  $(t - 1)$ -bitové chyby a detekovat, ale ne opravovat,  $t$ -bitové chyby (viz kód na předchozím obr.)

Zakódujte do HDB3: 100000000100001

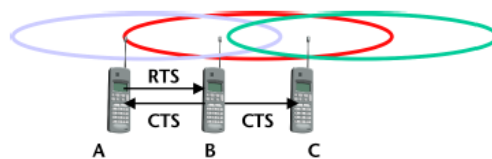


## Princíp RTS/CTS a akým spôsobom riešia problém skrytých terminálov

- pro rezervaci času pro přenos dat a vyhnutí se kolizi se používají krátké signálové (řídící) rámce
  - ✓ **RTS (request to send)**: vysílač požaduje před vysláním datového rámce krátkým signálovým rámcem RTS získat od přijímače výhradní právo vysílat
  - ✓ **CTS (clear to send)**: přijímač uděluje vysílači RTS krátkým signálovým (řídícím) rámcem CTS právo vysílat v okamžiku, kdy je připraven datový rámec přijmout
  - ✓ případná kolize několika RTS je akceptovatelná cena
- Signálový paket obsahuje
  - ✓ adresu odesílatele, adresu příjemce, délku datového paketu (dobu přenosu)

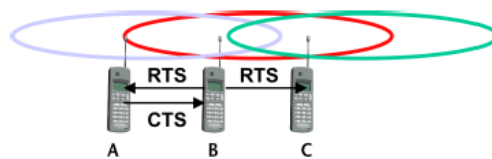
RTS/CTS řeší problém skrývání terminálů

- A a C chtějí vysílat na B
- A vyšle RTS první
- C po přijetí CTS vysílaného z B pro A čeká po dobu udanou v CTS



RTS/CTS řeší problém odstavování terminálů

- B chce vysílat na A
- C chce vysílat na další terminál (jiný než A nebo B)
- C nyní nemusí čekat na B, CTS z A dostat nemůže



Prečo sú potrebné dve rôzne kladné potvrdzovacie odpovede v protokole Stop-and-Wait

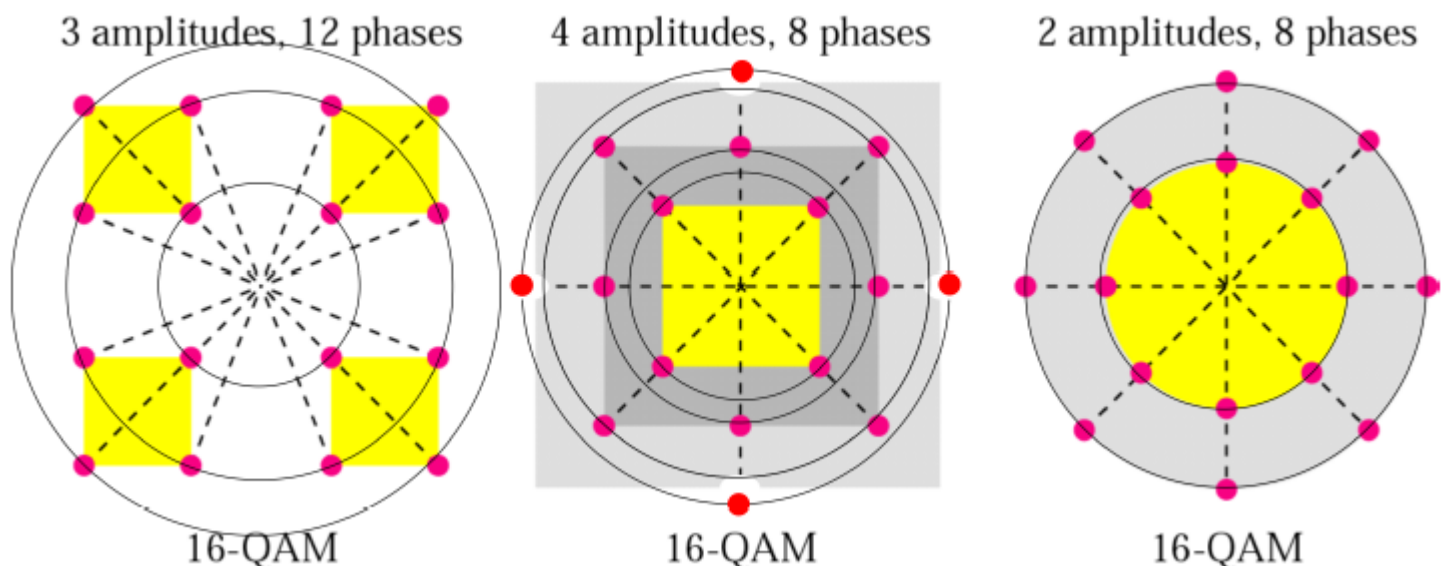
- Zdroj vyšle jeden datový rámec a čeká na přijetí potvrzovacího (rámce) ACK
- Čeká konečnou dobu
  - ✓ Zdroj rámce má definovaný **vysílací časový limit**
  - ✓ Pokud zdroj do uplynutí časového limitu po vyslání rámce nepřijme potvrzovací ACK, datový rámec vyšle znovu
- Porušení/ztrátu ACK zdroj není schopný rozpoznat, proto:
  - ✓ jakmile uplyne vysílací časový limit
  - ✓ vysílač zopakuje vyslání rámce
  - ✓ přijímač přijme týž rámec **2×**
  - ✓ řešení problému – alternativní používání **ACK0/ACK1** + alternativní číslování rámců 0/1 (číslování v záhlaví rámců)



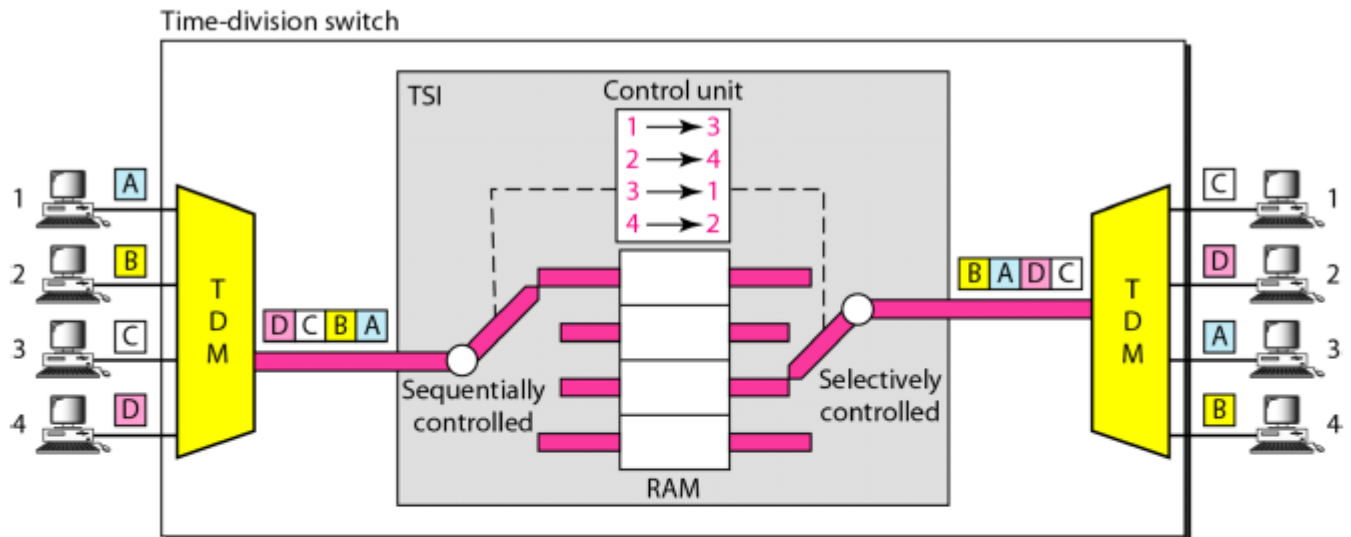
## Prečo má kódové slovo ASCII znaku 11 bitov

- Chceme opravovať napr. 1-bitové chyby v ASCII znaku
  - ✓ ASCII znak = 7 bitů dat
- opravný redundantní kód musí byť generovaný tak, aby přímo určil, který bit se při přenosu změnil
- pro 7 bitů dat musíme rozlišovat při příjmu 8 stavů
  - žádná chyba, chyba v pozici 1, ..., 7
- 1. nápad = použijme redundanci umožňující rozlišit 8 stavů v přijatých datech, tj. alespoň 3 bity ( $2^3 = 8$ ), tj. kódové slovo bude mít tedy délku  $7 + 3 = 10$  bitů
- ale – 1-chyba může nastat i v redundantních bitech, 10-bitové kódové slovo tudíž nestačí
- Datových bitů je  $m$ , redundantních bitů je  $r$ , délka kódového slova, přenášené posloupnosti bitů, =  $m + r$
- Možných stavů je  $1 + m + r$ ,  
žádná chyba +  $(m + r)$  chybových pozic bitů
- redundance  $r$  bitů musí pokrýt alespoň  $m + r + 1$  stavů, takže musí platit  $2^r \geq m + r + 1$ 
  - ✓ pro opravu ASCII znaku potřebujeme 4 redundantní bity
  - 7 bitů dat,  $r = 3$ ,  $2^3 = 8$ ,  $7 + 3 + 1 = 11$ ,  $r = 3$  nedostačuje
  - 7 bitů dat,  $r = 4$ ,  $2^4 \geq 7 + 4 + 1$ ,  
11-bitové kódové slovo umožní určit/opravit 1-bitovou chybu v 7 bitech dat

Nakreslite konstalačný diagram pre QAM, aby bola bitová rýchlosť 4x väčšia než Baudova

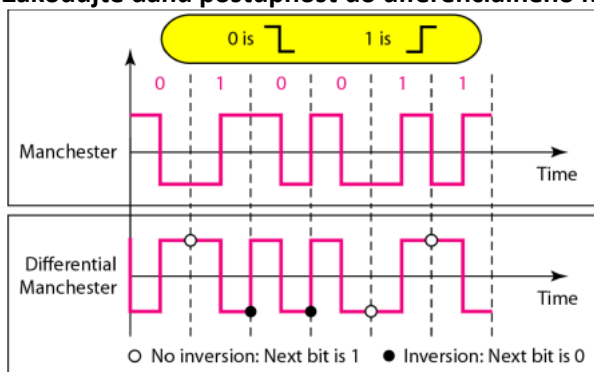


Nakreslite a vysvetlite prepínanie na báze multiplexingu so zbernicou



- ✓ Součástí TSI jsou vstupy, výstupy, RAM a elementární procesor
- ✓ Délky vyrovnávacích pamětí v RAM jsou shodné
- ✓ Plní se sekvenčně, vypisují se dle plánu přepojování
- ✓ Zkrácení doby přepojování zajišťuje princip **houpačkového vyrovnávání** (v době plnění jedné v. p. se vypisuje případně již naplněná v. p.)

Zakódujte danú postupnosť do diferenciálneho Manchesteru



Signál je zadaný  $s(t) = 10 \cdot \sin(5000\pi t - \pi/4)$ , určte amplitúdu, frekvenciu a fázový posun v stupňoch

$$\square s(t) = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin(2\pi f t + \varphi) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right)$$

$A$  – amplituda,  $\omega = 2\pi f$  – úhlová frekvencia

$f = 1/T$  – frekvencia,  $T = 1/f$  – perioda,

$\varphi$  – fázový posun

$$s(t) = 10 \cdot \sin(5000\pi t - \pi/4) = A \cdot \sin(2\pi f t + \varphi)$$

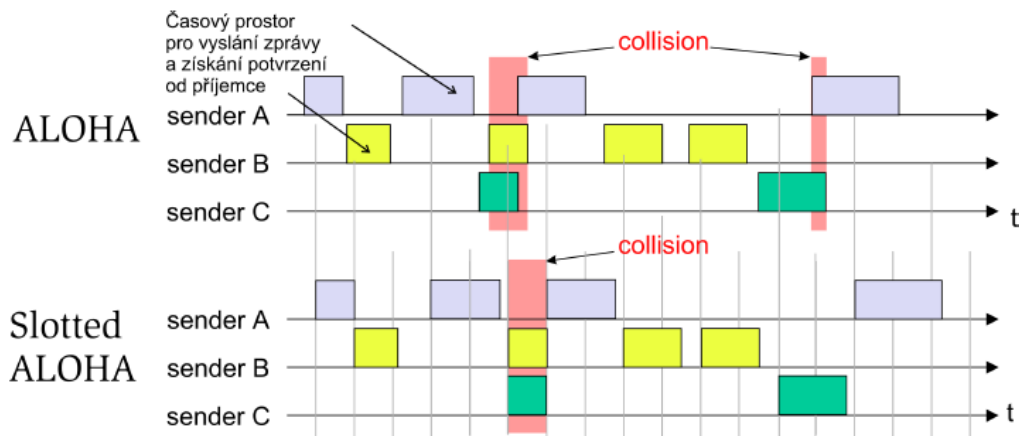
$$\varphi = \pi/4 = 180/4 = 45^\circ$$

$$f = 2500 \text{ Hz}$$

$$A = 10 \text{ V}$$

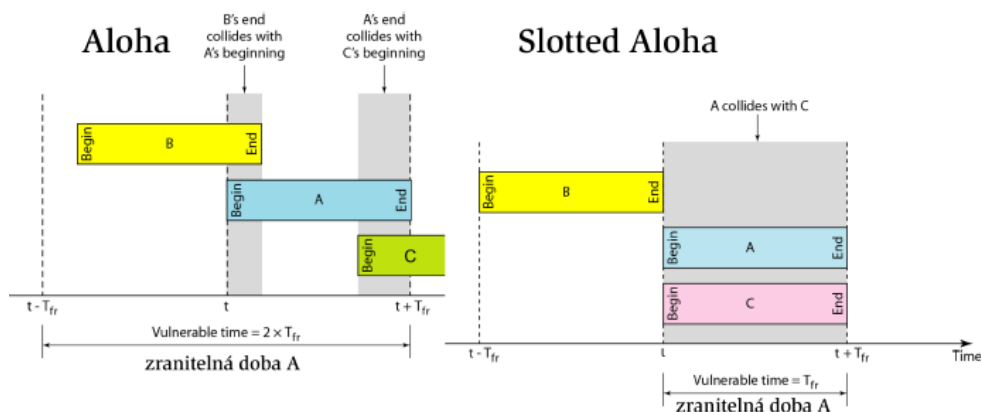
## Popísať slotted ALOHA - výhody a nevýhody

- Slotted Aloha – dělená Aloha – doplňuje používání časových dílů, vysílání musí začínat vždy na hranici časového dílu



- Využitelnost kanálu ALOHA (jeho kapacity) je poměrně malá

- ✓ ALOHA – 18%,
- ✓ Slotted Aloha – 36%



Výhody: adaptuje sa meniacemu sa množstvu staníc, dvojnásobná efektívnosť oproti Alohe

Nevýhody: je nutná synchronizácia, nutnosť bufferu pre opakovanie vysielania

Doplniť priebeh signálu (01001100011)

**Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)**

**Nonreturn to Zero Inverted (NRZI)**

**Bipolar - AMI**

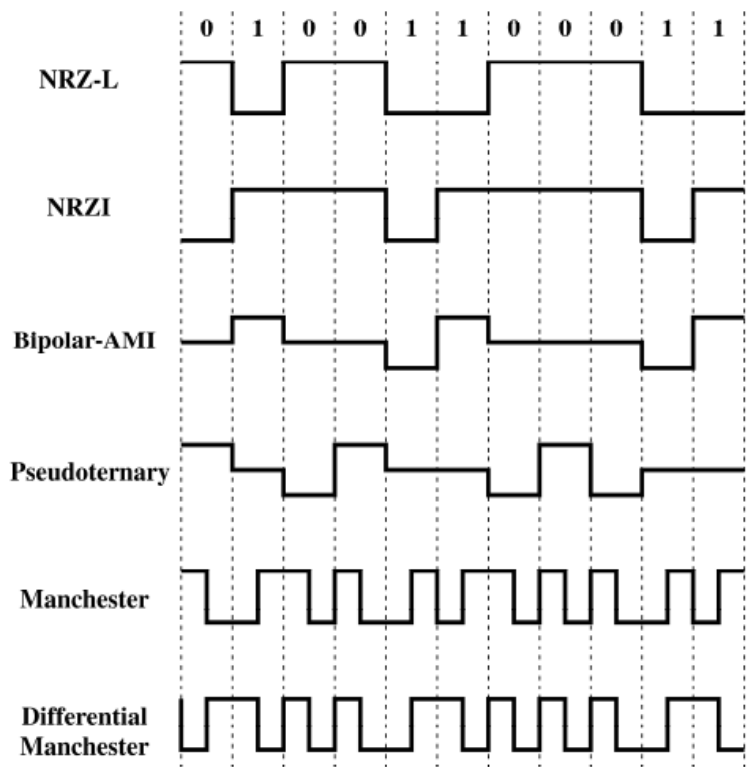
**Pseudoternary**

**Manchester**

**Differential Manchester**

**B8ZS**

**HDB3**





Šířka pásma je 1MHz, prenos dát 10Mb/s. Koľko je signálových úrovní. Aká bude šířka pásma, pokiaľ chceme rovnakú dátovú rýchlosť pri binárnom signáli

"M = ?

$$C = 10 * 10^6 \text{ b/s}$$

$$B = 10^6 \text{ Hz}$$

$$C = 2 * B * \log_2 M$$

$$10 * 10^6 = 2 * 10^6 * \log_2 M$$

$$5 = \log_2 M$$

$$M = 32$$

Potrebujeme aspoň 32 signálových úrovní

Pre binárny signál:

$$M = 2$$

$$C = 10 * 10^6 \text{ b/s}$$

$$B = ? \text{ Hz}$$

$$C = 2 * B * \log_2 M$$

$$10 * 10^6 = 2 * B * \log_2 2$$

$$10 * 10^6 = 2 * B * 1$$

$$B = 5 * 10^6 = 5 \text{ MHz}$$

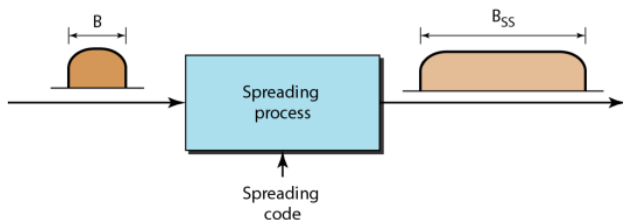
### Rozdelenie spektra, schéma + stručný popis jednotlivých zariadení

#### □ Multiplexing

- ✓ kombinace signálů s menší šířkou pásma z více zdrojů za účelem zvýšení efektivity využíváním dostupné větší šířky pásma spoje

#### □ Rozprostření spektra – zvětšení šířky pásma přenosového signálu

- ✓ kombinací signálů z více zdrojů do větší šířky pásma
- ✓ dynamickými změnami pozice v signálu v přenosovém pásmu, typická aplikace v bezdrátových přenosech:
  - zábrana odposlechů, zábrana rušení komunikace útočníky, zábrana přeslechů, ...
- ✓ Zvyšováním redundance v přenášených datech změnou kódování, které si vyžaduje zvětšení šířky pásma spoje, aby se zachovala rychlost přenosu originálních dat
  - cílové kódování zvýší odolnost vůči šumu, umožní odlišit signály,



- šířka pásma přidělená vysílající stanici musí být značně větší než požaduje rychlost vysílání dat, což umožní použít redundanci, přeskakování mezi frekvencemi, ...

- rozšíření šířky pásma musí být děláno nezávisle na originálním signálu

- Kombinují se signály z různých zdrojů s cílem využít širší pásmo.

- Techniky jsou navrženy pro nevoděná prostředí, ve kterých musí mít komunikující stanice možnost sdílet médium bez hrozby narušení důvěrnosti a rušení

#### □ Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

- ✓ Zdrojový signál postupně moduluje  $M$  nosných frekvencí, a to v určené pseudonáhodné posloupnosti. Současně může až  $M$  zdrojových signálů modulovat  $M$  různých nosných frekvencí
- ✓ přidělení nosných frekvencí zdrojovým signálům se v jistých intervalech mění
- ✓ spektrum nosných frekvencí má šířku pásma zajišťující koexistenci přenosu všech původních signálů souběžně

#### □ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

- ✓ každý bit zdrojových dat je přenášený jako posloupnost  $n$  přenosových bitů – *chips*
- ✓ posloupnost  $n$  přenosových bitů se přenáší za stejnou dobu jako bit originálních dat
- ✓ vyšší rychlost vyžaduje větší šířku pásma

**Príklad na multiplexing - 4 kanály, každý s rýchlosťou 250 znakov/s (1 znak = 8 bitov), v každom rámci 1 synchronizačný bit, za akú dlhú dobu sa prenesú dáta?**

- 4 datové kanály s rýchlosťou 250 znakov/s, prokládání po znaku, znak = 8 bitů, v každém rámci 1 synchronizační bit
- ✓ rychlost přenosu dat každého zdroje =  $250 \times 8 = 2 \text{ kb/s}$
- ✓ doba trvání přenášeného znaku = 4 ms
- ✓ rychlost přenosu rámců = 250 rámců /s
- ✓ doba trvání rámce = 4 ms, musí být shodná s dobou trvání znaku
- ✓ délka rámce =  $4 \times 8 + 1 = 33 \text{ bitů}$
- ✓ rychlost přenosu dat multiplexovaným spojem =  $250 \times 33 = 8\,250 \text{ b/s}$

**DAMA-TDMA - nakreslit a popísat** (nenašiel som v slajdoch, bola 19.12.2007 na skúške)