Vlastnosti signálov, prenos signálu

1. *Informácia, údaj, dáta*

Údaje, dáta

predstavujú objekty, ktoré priraďujú určité vlastnosti a stavy objektom reálneho sveta. V pôvodnej surovej podobe bývajú neusporiadané, neštruktúrované a je veľmi problematické z nich získať nejakú informáciu.

Údaje v technickej praxi zvykneme označovať často ako *dáta*.

Hovoríme, že dáta samé o sebe majú tendenciu byť neužitočné.

Oveľa výhodnejšie je používať pre informáciu údaje *štruktúrované*, napríklad usporiadané do podoby tabuľky. Štruktúrovaným údajom priraďujeme *záhlavie*, ktoré dáva jednotlivým dátam *význam*.

Údaje usporiadané, úplné a komplexné a opisujú určitú oblasť reálneho sveta.

Príklad neštruktúrovaných dát:

Peter, 13. máj 1998, Trenčín, tretí ročník, dážď, 27 €, Pekný, Piešťany, 65 €

Medzi jednotlivými údajmi nie je možné nájť žiadnu súvislosť

Príklad štruktúrovaných dát:

Priezvisko	*Meno*	*Dátum nar.*	*Bydlisko*	*ročník*	*Vklad do fondu*
Skúpy	Peter	13.5.1998	Trenčín	Tretí	27
Múdry	Pavol	12.8.1997	Topoľčany	Tretí	32
Pekný	Emil	3.6.1996	Moravany	Tretí	15
Šťúply	Karol	2.9.1996	Piešťany	Štvrtý	65

Štruktúrované dáta, opatrené záhlavím, predstavujú dobrý podklad pre získanie informácie

Big Data

Fenomén *Big Data* prichádza ako súčasť procesu, ktorým dochádza ku potrebe analytického spracovania veľkého objemu dát. Tento proces je v širších súvislostiach zviazaný s fenoménmi ako *Internet of Things*, prípadne *Internet of Everything*.

Základom sú veľmi veľké zdroje dát, ktoré monitorujú v reálnom čase deje a stavy reálneho sveta. Prenos veľkých objemov dát, ich ukladanie a analýza si vyžaduje celkom nové technologické riešenia v oblasti telekomunikácií, sieťových technológií a spracovania. Na ukladanie týchto veľkých objemov dát slúžia *datacentrá*, ktoré spravidla poskytujú prostriedky aj na ich analýzu a ďalšie spracovanie. Datacentrá sú umiestnené decentralizovane na rôznych miestach na svete. Z hľadiska logiky výpočtového systému je nepodstatné, kde sú fyzicky dáta umiestnené, a často sú dáta patriace jedinému systému ukladané po mnohých datacentrách v rôznych lokalitách. Vžilo sa označenie, že dáta uložené a spracované v datacentrách sa nachádzajú v *Cloude*.

Typickými vlastnosťami, ktoré charakterizujú *Big Data*, sú *Value, Variety, Velocity*.

Value charakterizuje, že ide o veľké dátové toky v rádu *desiatok terabitov za sekundu* a viac a o veľmi veľké objemy dát v rádu terabyte či petabyte a viac.

Variety znamená, že ide o dáta veľmi rôznorodého charakteru: *binárne* dáta generované rôznymi senzormi, údaje z *databáz*, *hlasové* a *multimediálne* dáta. Rôzne sú nároky na spoľahlivosť prenosu aj na zabezpečenie dát pred zneužitím.

Velocity znamená, že mnohé dáta majú význam iba v reálnom čase a rozhodujúca je rýchlosť ich spracovania. Tento typ dát sa označuje ako *Data in Motion*. Opakom sú dáta, určené na uloženie a neskoršiu analýzu. Tieto dáta sa nazývajú *Data at Rest*.

Príklad: Dáta generované stovkami senzorov dopravného lietadla sú počítačmi na palube online vyhodnocované a slúžia ako podklad pre okamžitú činnosť autopilota a posádky. Na základe dát zo senzorov vykonáva autopilot okamžité zásahy do riadenia, ktorými dosahuje požadované parametre letu. Posádka je v reálnom čase informovaná o stave systémov. Dáta majú význam iba v danom okamihu, z hľadiska riadenia letu sú tieto dáta v nasledovnom okamihu bezvýznamné. Ide o *Data in Motion*.

Vybrané dáta sú prenášané v reálnom čase do datacentra, umiestneného v *cloude*. Tu sú triedené, ukladané a spracované analytickým software, ktorý vykonáva analýzy ohľadom opotrebenia jednotlivých súčastí a agregátov lietadla a predikuje, aké zásahy a v akom čase bude nutné vykonať pri údržbe lietadla. Časť z týchto vybraných dát sa ukladá za účelom archivácie a prípadné neskoršie analýzy, napríklad o spotrebe paliva v rôznych režimoch letu a v rôznych atmosférických podmienkach. Ide o *Data at Rest*.

Informácia

Informácia predstavuje zoskupenie údajov (dát) , ktoré dávajú určitý význam.

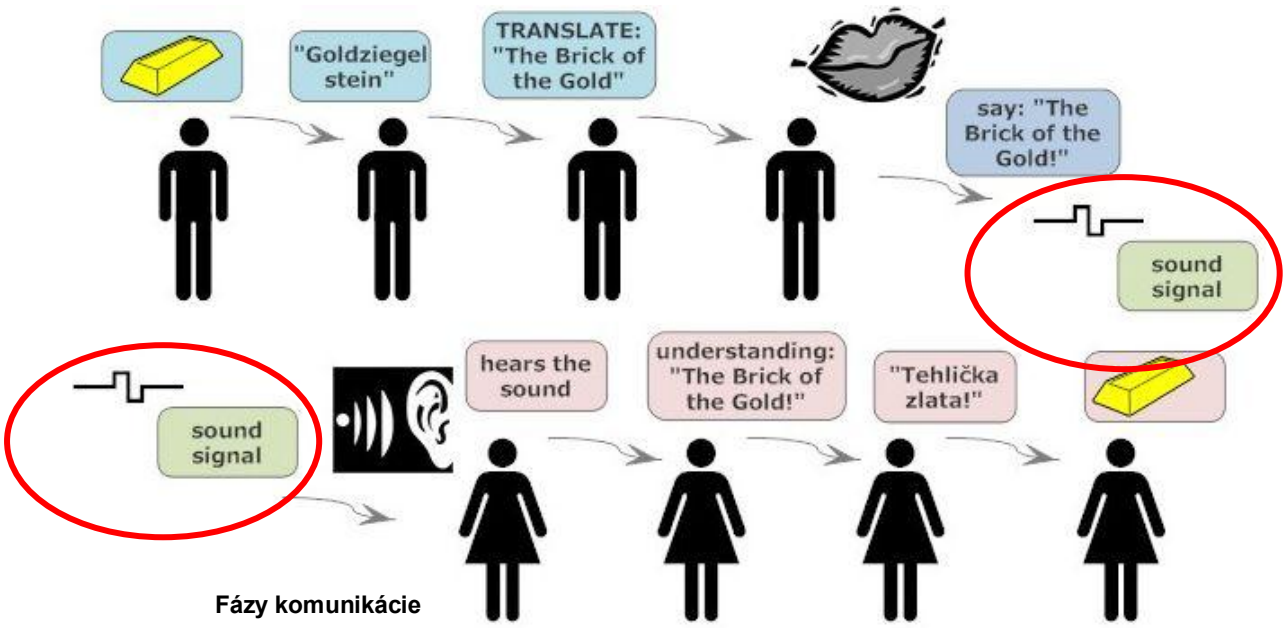
Napríklad : *„Emil Pekný, narodený 3.6.1996, bývajúci v Moravanoch, je žiakom 3. ročníka a jeho vklad do fondu predstavuje 15 €“*.

Informácia má **charakter výroku** – môžeme ju posudzovať z hľadiska pravdivosti alebo nepravdivosti.

Informácia predstavuje **podklad pre rozhodovanie** (napríklad o ďalšom postupe).

Údaje ako také sú *zložkami informácie*.

2. Komunikačný proces



Fázy komunikácie

Fázy komunikácie

Pripomeňme si, čo sme si uviedli v minulosti o komunikačnom procese a fázach komunikácie. Na počiatku reťazca je **vznik informácie**, ktorá má byť prenesená. Nasleduje **kódovanie** do jazyka vysielajúceho uzla, a potom spravidla ďalšie kódovanie do jazyka vopred dohodnutého ako všeobecne používaný komunikačný jazyk. Takto upravené dáta sú premenené na **signál** a ten je vyslaný vysielačom.

Na strane prijímača je signál zachytený, spracovaný obvodmi prijímača a dekódovaný. Dekódovanie môže prebehnúť na viacerých úrovniach – napríklad najskôr do všeobecne používaného jazyka a potom do jazyka, ktorý používa konkrétny prijímací uzol. Napokon sú na strane prijímača dáta **zostavené a interpretované ako informácia.**

Túto štruktúru komunikačného procesu najlepšie reflektuje vhodný vrstvový model. Oboznámili sme sa už s vrstvovými modelmi OSI podľa ISO a vrstvovým modelom TCP/IP.

Informácia ako taká je z pohľadu vrstvového modelu OSI generovaná a spracúvaná na úrovni aplikačnej vrstvy.

3. Úloha komunikačného protokolu

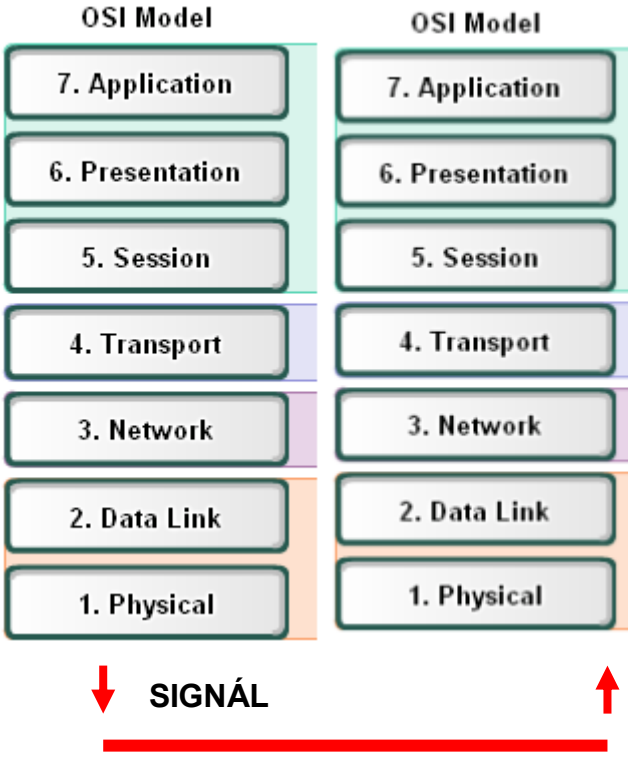
Predstavme si situáciu, že sme obdržali bitstream logických jednotiek a núl bez akéhokoľvek ďalšieho vysvetlenia. Nevieme, že ide o binárnu reprezentáciu analógového napäťového signálu. **Samotný bitstream nič nevypovedá o tom, aké hodnoty vlastne reprezentuje**. Nevieme nič o povahe prenášaných dát (namerané napätie? zvuk? text? obrázok?) ani o ich formáte (aká je hustota vzorkovania pôvodného signálu? Koľko bitov reprezentuje jednu vzorku?)

Preto **musí byť každý prenos definovaný príslušným komunikačným protokolom**, ktorý **umožňuje správnu interpretáciu prenesených dát**. Komunikačný protokol je buď súčasťou hardwarového riešenia, alebo súčasťou vyhodnocovacieho software.

Problematika fyzickej vrstvy

Problematika kódovania a interpetácie prijatých digitálnych dát rieši v modeli OSI *prezentačná vrstva*. Na úrovni tejto vrstiev sú definované formáty súborov, ako sú ASCII, bmp, jpg, gif, mp3, avi a mnohé ďalšie. Sú to vlastne dohodnuté kódovacie systémy, *komunikačné protokoly*, ktoré definujú, ako majú byť prijaté dáta při spracovaní interpretované, aby príjemcovi poskytli správnu informáciu.

Príslušný komunikačný protokol musí byť samozrejme používaný aj na spracovanie dát a ich kódovanie při vysielaní.



Vrstvový model OSI podľa ISO

4. Delenie dátového toku na pakety

Na rozdiel od analogových prenosových systémov, ktoré prenášajú dáta jako súvislý neprerušovaný tok signálu, je typickým znakom digitálních prenosov delenie dátového toku na pakety. V modeli OSI plní túto úlohu *transportná vrstva* procesom, zvaným *segmentovanie*.

Rozdelenie súvislého toku na samostatne managovateľné pakety má viacero dôvodov:

- V prípade chyby pri prenose nie je nutné opakovať celý prenos, ale stačí opakovane preniesť iba paket, ktorý bol poškodený
- Umožňuje využiť technológiu striedania paketov z rôznych zdrojov TDM Time Division Multiplex, čím sa umožňuje
  - Na koncových zariadeniach (End Node) súbežne spustiť viacero samostatných komunikačných procesov (napr. súbežne môže byť spustené prehrávanie filmu, sťahovanie dátového súboru a načítanie e-mailu)

- Na medziľahlých zariadeniach (Intermediary) umožňuje metódou prepínania paketov riešiť plynulú komunikáciu z viacerých uzlov na jedinú výstupnú linku

- Umožňuje aplikovať technológiu QoS na prioritizovanie dôležitých dátových tokov.

Úlohou transportnej vrstvy okrem ďalších úloh je aj obsluha mechanizmu zabezpečeného spojenia, tj. nadviazania spojenia, potvrdzovania prijatých paketov a ukončenia spojenia. Problematika adresovania a smerovania, ako aj problematika prístupu ku komunikačnímu médiu v prípade zdieľaných médií, je riešená na úrovni sieťovej a linkovej vrstvy.

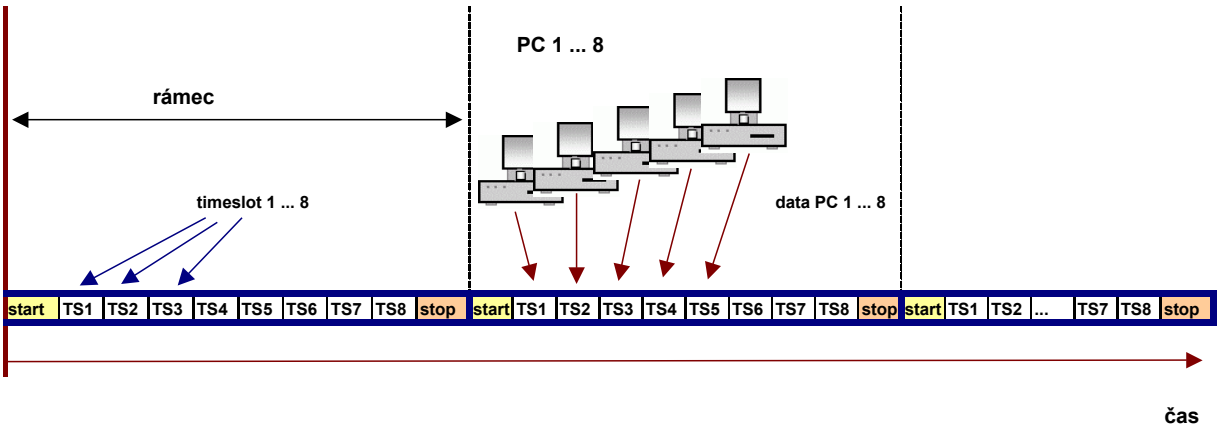
5. Isochrónny a paketový prenos

Na úrovni linkovej vrstvy býva dátový tok pripravený na samotné spracovanie obvodmi vysielača a na prenos.

V princípe existujú dve metódy, ako delenie na pakety a ich prenos zabezpečiť:

Isochrónny prenos

Isochrónny prenos je základom systémov typu TDM (viď vyššie). Rámce sú generované cgenerátorom rámcov, pravideľne, majú pevne stanovenú veľkosť a každému zariadeniu (zdroju signálu) je pridelený pevne definovaný timeslot, čas, po ktorý môže vysielať.V tomto čase dokáže vysielač vyslať presne definovaný počet bitov. Potom musí prenosové médium prenechať ďalšiemu vysielaču v poradí. Priradenie timeslotov každému zariadeniu sa cyklicky opakuje podľa presne definovaných pravidiel, proces je centralizovane synchronizovaný. Opakovací cyklus prebieha veľmi rýchlo, v rádu milisekúnd alebo mikrosekúnd, takže z pohľadu ľudského prijímateľa sa dátový tok javí ako súvislý. Z pohľadu počítačového spracovania je dátový tok pravideľný, vhodný pre plynulé spracovanie. Príkladom môžu byť prenosové systémy ATM, SDH, PDH, Sonet a ďalšie.



Výhoda – presne definovaný bandwidth, zaručená šírka prenosového pásma

Nevýhoda – ak zariadenie svoje timesloty nevyužíva, nie je možné ich prideliť inému zariadeniu a timesloty sú nevyužité, stratené. Celkový bandwidth linky nie je využitý.

Paketový prenos

Každé zariadenie si generuje rámce podľa svojej potreby, teda vtedy, keď potrebuje vysielať a veľkosť rámca si volí samo podľa objemu prenášaných dát. Je definovaná iba minimálna a maximálna prípustná veľkosť rámca.

Problematika fyzickej vrstvy

Proces prístupu ku zdieľanému médiu musí byť riadený vhodným komunikačným protokolom linkovej vrstvy, pretože v okamihu prípravy na vysielanie zariadenie nevie, či prenosová linka nie je práve využívaná iným zariadením.

Na obsluhu prístupu slúžia prístupové metódy, ako napríklad metódy *token,* alebo *CSMA/CD*, prípadne *CSMA/CA*.

Výhoda – prenosový kanál sa využíva iba vtedy, keď si to zariadenie vyžiada, veľkosť paketu sa riadi objemom prenášaných dát, ak zariadenie nevysiela, neblokuje kapacitu prenosového kanála

Nevýhoda – nie je zaručený prístup ku zdieľanému médiu v okamihu, kedy zariadenie žiada o vysielanie, nie je zaručená šírka prenosového pásma, obsluha mechanizmu prístupu ku médiu komplikuje systém a spotrebuje značný čas

Prenos signálu predstavuje dôležitú fázu v priebehu komunikačného procesu.

6. Signál

Signál je *fyzikálna veličina* (napr. elektrické napätie, prúd, intenzita jasu optického člena, intenzita magnetického poľa, zvuková vlna a pod.), ktorá v čase mení niektorú svoju hodnotu.

Definovaná *zmena hodnoty* predstavuje *dohodnutú informáciu*. Aký význam má zmena definovanej veličiny určuje *kód na úrovni fyzickej vrstvy*, ktorý definuje príslušný *komunikačný protokol*.

Často používaným fyzikálnym javom, využívaným na prenos informácie býva *elektromagnetické vlnenie*. Veličinou, ktorá mení svoju hodnotu, býva úroveň *intenzity* elektrického či magnetického poľa, *frekvencia* alebo jeho *fáza*.

Signál je vysielaný vysielačom, prenášaný komunikačným médiom, prijatý a spracovaný prijímačom a odovzdaný vyšším vrstvám na ďalšie spracovanie.

Samotný proces *prenosu signálu*, riešenie problematiky *rušenia, vysielanie, prenos* a *prijímanie* signálu má za úlohu *fyzická vrstva*.

Je potrebné si uvedomiť, že na úrovni fyzickej vrstvy je úplne jedno, či prenášame iba surové – neusporiadané údaje, alebo usporiadané údaje, alebo informácie. Toto triedenie je záležitosťou vyšších vrstiev. Z hľadiska techniky prenosu signálu je obsah komunikácie bezvýznamný. Dôležitý je iba charakter prenášaných dát – napríklad z pohľadu objemu, vyžadovanej komunikačnej rýchlosti, spoľahlivosti prenosu, zabezpečenia dát pred neoprávneným prístupom a pod.

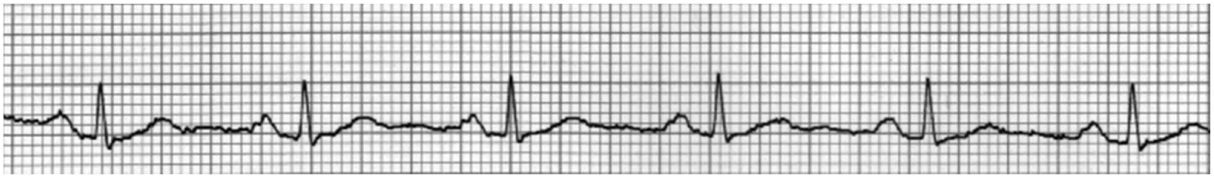
7. Typy signálov

V princípe rozlišujeme dva druhy signálov:

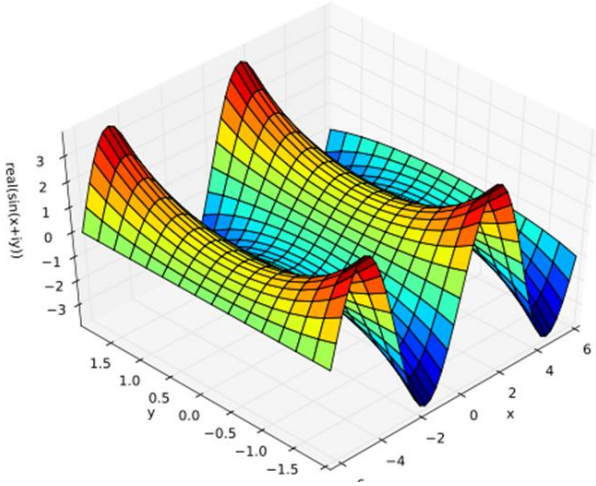
- **Analógový, čiže spojitý signál**
- **Diskrétny, čiže nespojitý signál**

Analógový signál

Je spojitý, a to jednak v čase, jednak aj v celom intervale prípustných hodnôt.



Čo znamená, že signál je spojitý v čase: Hodnota sledovanej veličiny sa mení plynulo. Spojitosť zmeny je možné pozorovať aj pri veľmi malých časových intervaloch. V princípe je možné časové intervaly, v priebehu ktorých monitorujeme zmenu hodnoty sledovanej veličiny, zmenšovať na nekonečne malé úseky (resp. elementárne časové úseky definované kvantovou fyzikou – Planckov čas). V technickej praxi je najmenšia pozorovateľná veľkosť časového intervalu je daná iba úrovňou technologickej základne.

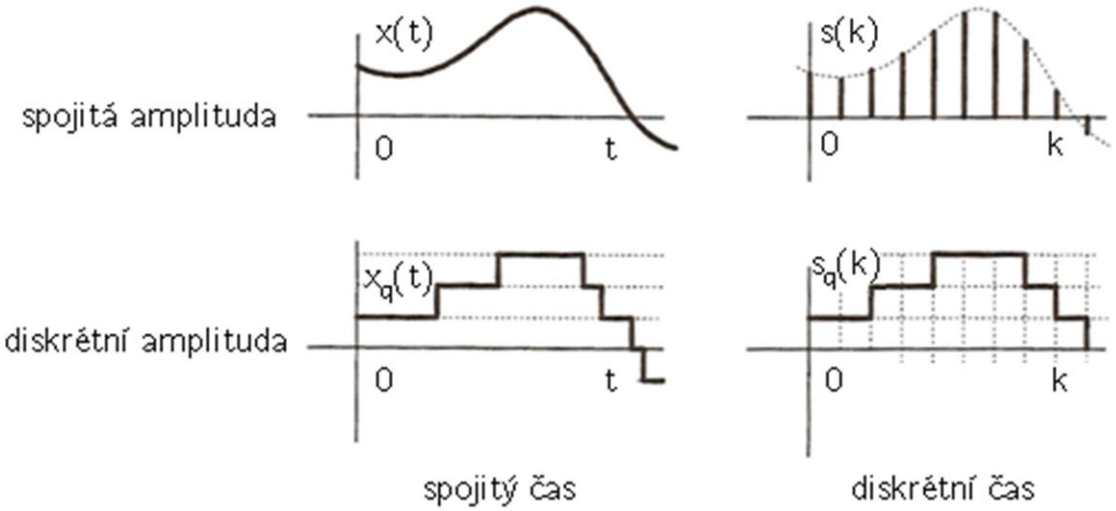


Čo znamená, že signál je spojitý v celom intervale prípustných hodnôt: Ak budeme sledovať zmeny hodnoty meranej veličiny v čase, bude aj v tomto prípade najmenšia zistiteľná zmena daná iba princípmi kvantovej fyziky (najmenší možný prírastok energie určuje Planckova konštanta), v technickej praxi je najmenšia pozorovateľná zmena limitovaná iba citlivosťou merania a technologickou základňou použitých zariadení.

Analógový signál môže byť periodický alebo neperiodický, harmonický alebo neharmonický.

Diskrétny signál

Za diskrétny signál považujeme taký signál, ktorý vykazuje nespojitosť v čase alebo v niektorej sledovanej veličine. Ak je nespojitosť pozorovaná v čase a súčasne aj v sledovanej veličine, vzniká úplný diskrétny signál. Úplný diskrétny signál je spravidla viacstavový, to znamená, že sledovaná veličina môže nadobúdať viacero (ale konečný počet) hodnôt. Úplný diskrétny signál musí pred prenosom prejsť procesom kódovania a stane sa z neho digitálny signál. Digitálny signál je vždy úplný diskrétny. Špeciálnym prípadom digitálneho signálu je binárny signál, ktorý môže nadobúdať iba dva stavy v sledovanej veličine.

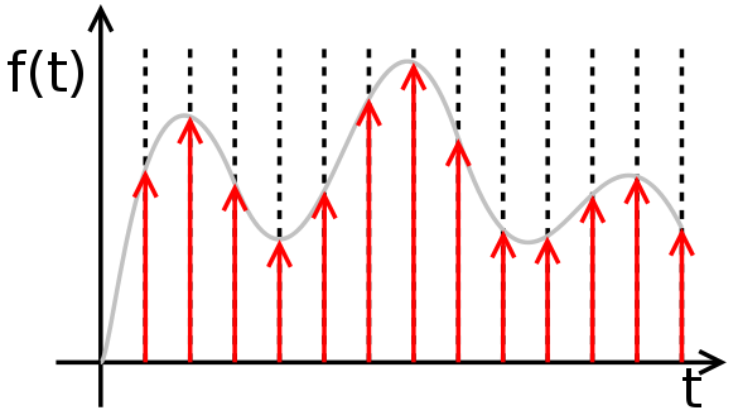


Signál spojitý v čase aj prenášanej hodnote: x(t) ...	spojitý signál
Signál spojitý v čase, ale diskrétny v prenášanej hodnote: xq(t) ...	kvantovaný signál
Signál diskrétny v čase a spojitý v prenášanej hodnote: s(k) ...	vzorkovany signál
Signál diskrétny v čase aj v prenášanej hodnote: sq(k) ...	úplný diskrétny signál

(podľa Karla Horáka: Úvod do zpracování signálů, VUT Brno, http://midas.uamt.feec.vutbr.cz/ZVS/Lectures/01_Uvod_do_zpracovani_signalu.pdf)

Vzorkovaný signál

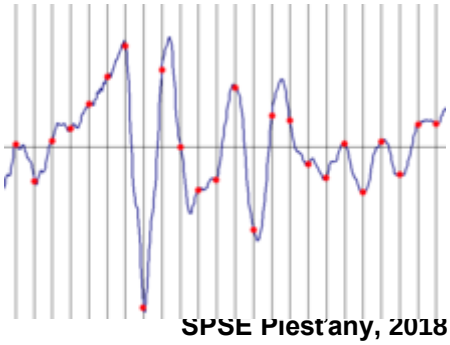
Vzorkovaný signál je vytvorený tak, že z analógového priebehu signálu sú v určitých, presne definovaných časových okamihoch, odobrané vzorky hodnoty prenášanej veličiny. Hodnoty prenášanej veličiny však majú spojitý charakter.



Pravideľné odoberanie vzoriek je zabezpečené tzv. taktovacím signálom. Vzorkovacia frekvencia je potom vlastne frekvenciou taktovacieho signálu a určuje, v ktorých časových okamihoch má byť z analógového priebehu odobraná vzorka okamžitej hodnoty.

Voľba vzorkovacej frekvencie

Ak zvolíme vzorkovaciu frekvenciu príliš nízku, môže nastať situácia, že pri rýchlych zmenách úrovne prenášaného analógového signálu nereprezentuje výsledný vzorkovaný signál skutočný pôvodný analógový priebeh.

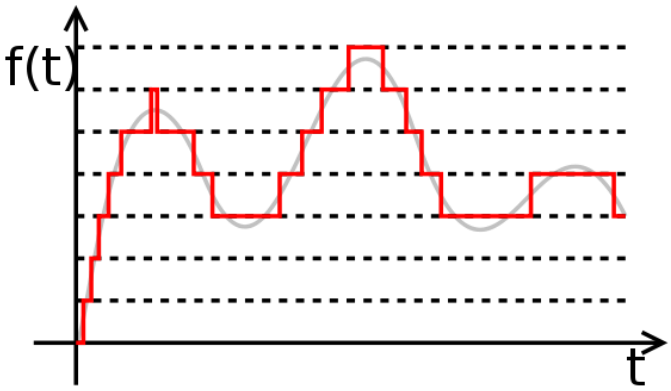


V takom prípade je nevyhnutné zadefinovať vyššiu frekvenciu vzorkovania. Príliš vysoká hustota vzorkovania však spôsobí príliš veľký dátový tok a problémy súvisiace s jeho spracovaním, prípadne

príslušný vygenerovaný dátový súbor bude zbytočne veľký a nastávajú problémy s ukladaním vygenerovaných súborov.

Kvantovaný signál

Kvantovaný signál je taký, ktorý nemôže nadobúdať ľubovoľný (nekonečný) počet hodnôt sledovanej veličiny, ale počet prípustných hodnôt je obmedzený na presne definovaný počet prípustných stavov. Pritom môže byť spojitý v čase, ale zmena prenášanej veličiny je skoková. Nie je však definované, v akých okamihoch je prípustná zmena stavu – ku zmene stavu môže dôjsť prakticky v ľubovoľnom okamihu.



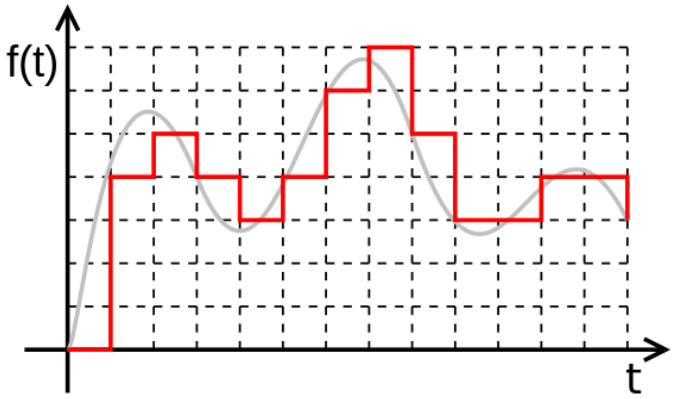
Kvantovaný signál vzniká spravidla kvantovaním pôvodného analógového signálu. V prípade kvantovania analógového signálu je každej konkrétnej hodnote sledovaného signálu (a týchto hodnôt môže byť teoreticky nekonečne veľa) priradený interval, do ktorého príslušná hodnota patrí. Namiesto skutočných hodnôt zodpovedajúcich analógovému signálu je kvantovaný signál reprezentovaný množinou stavov, ktoré v priebehu času signál nadobudne.

Voľba počtu prípustných kvánt

Situácia je podobná ako pri voľbe vzorkovacej frekvencie: ak zvolíme príliš malý počet kvánt, nebude kvantovaný signál dostatočne presne reprezentovať pôvodný analógový priebeh. A naopak – ak zvolíme príliš veľa kvantizačných úrovní, bude výsledný digitalizovaný signál prenášať, resp. ukladať príliš veľa dát.

Úplný diskrétny signál

Za úplný diskrétny signál považujeme signál, ktorý je nespojitý – diskrétny – v čase aj vo sledovanej hodnote. Inak povedané, signál, ktorý bol vzorkovaný a nasledovne kvantovaný. Takto získaný signál je spravidla viacúrovňový



Digitálny signál

Aby z úplného diskrétneho signálu vznikol digitálny signál, je nevyhnutné vykonať posledný krok v procese digitalizácie, a tým je *kódovanie*.

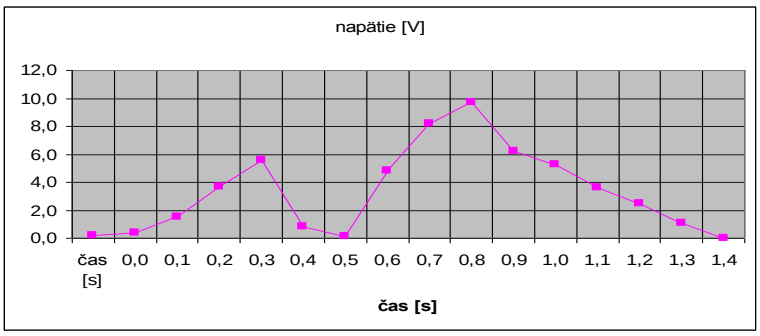
Kódovanie

Predstavuje proces pri ktorom je každej *kvantizačnej úrovni priradený číslicový (digitálny) kód*. V princípe je možné zvoliť ľubovoľný počet kvantizačných úrovní a priradiť im ľubovoľné kódové označenie. Platí jediné obmedzenie, že každej kvantizačnej úrovni musí byť priradený jedinenčný znak (kód).

V praxi sa ovšem kódovanie realizuje prostredníctvom *binárneho kódu*, a potom je vhodné voliť počet kvantizačných úrovní ako mocninu čísla 2.

8. *Príklad digitalizácia analógového priebehu napätia*

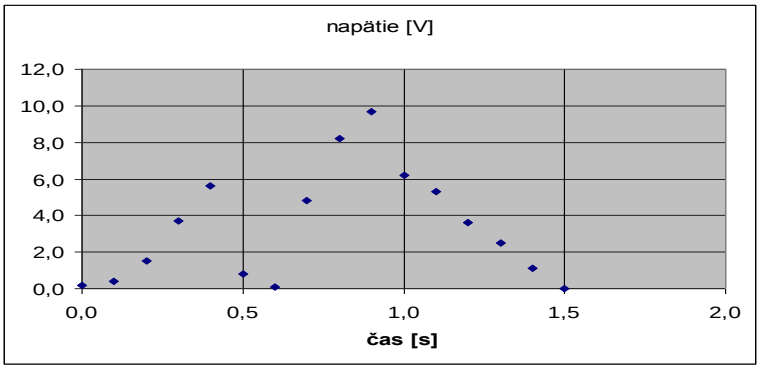
Pôvodný **analógový signál** na obr. 1, je najskôr rozčlenený **vzorkovaním** na obr. 2



obr. 1 – pôvodný analógový signál

Zvolený takt vzorkovania 0,1 s zodpovedá charakteru signálu a umožňuje verné zobrazenie pôvodného signálu pomocou odobratých vzoriek.

Vzorkovaný signál zachycuje tabuľka a obr. 2.



obr. 2 – vzorkovaný signál

Nasleduje **proces kvantizácie**, ktorá vygeneruje **úplný diskrétny viacúrovňový signál**.

Počet kvantizačných úrovní je nutné voliť jednak s ohľadom na charakter spracúvaného signálu, a jednak s ohľadom na zvolený spôsob kódovania.

V našom príklade predpokladáme maximálnu amplitúdu analógového signálu 10 V, minimálnu prípustnú úroveň 0 V (čiže vylučujeme záporné hodnoty napätia) a hustotu kvantovania stanovujeme na 0,1 V. V intervale 0 V až 10 V s uvedeným krokom 0,1 V získame 101 kvantizačných úrovní.

Ak máme možnosť prenášať priamo väčší počet znakov ako 2 znaky (teda máme možnosť použiť iný kód ako binárny), môžeme na prenos použiť priamo znaky definované kódom. Príkladom môže byť desiatková sústava, hexadecimálna sústava alebo iná vhodná kódovacia sústava.

V praxi sa však najčastejšie stretávame s potrebou zakódovať znaky do binárnej sústavy.

Vhodná metóda kódovania do binárneho kódu predpokladá použitie 7 bitov (použitie 7-mich bitov umožňuje definovať 128 kvantizačných úrovní)

Problematika fyzickej vrstvy

Príkladom môže byť tabuľka znakov, ktorá vyjadruje priebeh napätia v intervale 0 V až 9,9 V vzorkovanom s intervalom po 0,1s po dobu 1,5 s :

napätie [V]	0,2	0,4	1,5	3,7	5,6	0,8	0,1	4,8	8,2	9,7	6,2	5,3	3,6	2,5	1,1	0,0
čas [s]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Vzorkovaním a kvantovaním získame množinu hodnôt, ktorá reprezentuje pôvodný analógový signál. Túto množinu hodnôt je potom potrebné vhodným spôsobom zakódovať.

Kódovanie signálu

Kódovanie musí zahrnúť jednak vzorkovaciu frekvenciu (v našom príklade to je 0,1 s, tento vzorkovací interval musí byť dohodnutý príslušným komunikačným protokolom) a jednak spôsob kódovania hodnôt napäťových úrovní. V našom príklade potrebujeme **zadefinovať spolu 100 napäťových úrovní**. Ak máme možnosť prenášať dekadické čísla, je úloha vyriešená – signálom sa budú prenášať práve tieto čísla.

Výsledný prenášaný signál potom predstavuje hodnoty: 0,2;0,4;1,5;3,7 atď.

V technickej praxi sa však **na prenos digitalizovaných dát používa najčastejšie binárny digitálny signál**, ktorý pozná iba **dva stavy** – a to logickú 0 a logickú 1. Ak teda chceme na prenos takto získaných dát použiť binárny digitálny signál, **potrebujeme napäťové hodnoty v intervale 0 V až 9,9 V zakódovať do binárneho tvaru**. Ďalším krokom v digitalizácii analógového signálu teda musí byť kódovanie, pričom výsledný signál môže nadobúdať iba dve úrovne, a to „0“ a „1“. Elementárny možný príklad takéhoto kódovania je zobrazený v nasledovnej tabuľke:

napätie [V]	0	0,1	0,2	0,3	0,4	atď.	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9
binárny kód	0000000	0000001	0000010	0000011	0000100	atď.	1011111	1100000	1100001	1100010	1100011

Vidíme, že na zakódovanie požadovaného počtu možných napäťových úrovní do binárneho tvaru potrebujeme 7 bitov pre každú napäťovú úroveň.

Spôsob kódovania do binárneho tvaru je možné riešiť rôznymi metódami, ale v uvedenom príklade je nevyhnutné použiť minimálne 7 bitov pre zakódovanie každej napäťovej úrovne.

Signál, vytvorený z analógového signálu postupným vzorkovaním, kvantovaním a kódovaním, nazývame **digitálny signál.**

V našom príklade teda budú jednotlivým nameraným napätiam priradené hodnoty:

napätie [V]	0,2	0,4	1,5	3,7	5,6	0,8	0,1	4,8
čas [s]	0000010	0000100	00001111	00001001	00111000	00001000	00000001	Atď.

Náš binárny signál potom bude vyzerať nasledovne:

bitstream: 0000010 0000100 0001111 0100101 0111000 00001000 000000001 atď. .. až 0011001 0001011 0000000

Tento *bitstream* je potom prevedený na príslušné zmeny dohodnutej fyzikálnej veličiny, napríklad na zmeny napäťovej úrovne signálu. Na vytvorenie signálu z bitstreamu je možné použiť rôzne metódy kódovania, napríklad priame kódovanie, kódovanie NRZI, kódovanie typu Manchester, kód AMI, kód MLT-3 a ďalšie (podrobnejšie viď text *„Kódovanie na fyzickej vrstve“)*

Pozn. *Ak odhliadneme od uvedeného príkladu, je počet prípustných stavov sledovanej veličiny principiálne ľubovoľný, v praxi sa však spravidla prispôsobuje pravidlám binárnej aritmetiky a býva spravidla vyjadrený ako mocnina čísla 2.*

Počet bitov, potrebný na zakódovanie požadovaného počtu kvantizačných úrovní, je možné vyjadriť podľa vzťahu: počet stavov = $2^{\text{počet bitov}}$.

9. Výpočet objemu dátového toku

V technickej praxi nás vždy zaujíma, aký dátový tok bude generovaný príslušným procesom digitalizácie. Výpočet je pomerne jednoduchý:

Z počtu zvolených kvantizačných úrovní si vypočítame potrebný počet bitov pre každú vzorku ako dvojkový logaritmus najbližšej vyššej mocniny čísla 2:

Ak potrebujem kódovať 100 kvantizačných úrovní do binárneho kódu, musím nájsť nejbližšiu vyššiu mocinu čísla dva – a to je 128.

$\log_2(128) = 7$, na zakódovanie každej vzorky teda potrebujem 7 bitov

Dátový tok potom vyjadríme ako súčin počtu vzoriek za sekundu krát počet bitov na vzorku. Pri počte 10 vzoriek za sekundu bude potrebný dátový tok 10 * 7 = 70 b/s.

V technickej praxi býva potrebné ku týmto „čistým dátam“ potrebné pridať ešte aj réžiu v podobe hlavičiek paketov, objem týchto réžijných dát je daný použitým komunikačným protokolom, resp. kombináciou všetkých použitých komunikačných protokolov. Takže napríklad enkapsulovaním dát do protokolu TCP pridávame ku každému paket 20 bajtov réžijných dát, nasledovná enkapsulácia do IP protokolu spotrebuje ďalších najmenej 20 bajtov na každý paket a použitie rámca typu Ethernet pridá ku každému paketu ďalších 18 bajtov.

Obmedzenie réžie je možné využitím isochrónneho typu prenosu, ktorý znižuje réžiu rámca. Ďalšiu možnosť zmenšenia objemu prenášaných dát predstavujú najrôznejšie kompresné metódy. Kompresia môže byť bezstratová, alebo stratová. Kompresia sa musí tiež riadiť určitým komunikačným protokolom.

Pozn. *Ak by sme chceli byť celkom korektní, museli by sme uvedené tvrdenia ohľadom spojitých analógových signálov korigovať v zmysle poznatkov z oblasti kvantovej fyziky. Ta nám hovorí, že čas nie je možné deliť na nekonečne malé úseky, ale existuje určitá hranica veľkosti časového intervalu – Planckov čas – pod ktorú už nie je možné čas ďalej deliť. Obdobne určuje Planckova konštanta aj najmenšie kvantum energie, ktoré je fyzikálne možné pridať či ubrať. V samotnom princípe fyzikálnych javov sa podľa súčasných vedomostí každý analógový jav skladá z obrovského množstva zmien na úrovni minimálnych kvánt, ovšem pre rozhodujúcu väčšinu technických aplikácií sú tieto kvantové javy hlboko pod rozlišovacou schopnosťou zariadení a netreba sa nimi zabývať. Pre bežné technické riešenia teda budeme analógový signál považovať za spojitý v čase, i za spojitý v oblasti nadobúdaných hodnôt meranej veličiny.*

10. Metódy prenosu signálu

Simplexný prenos

Predstavuje prenos iba v jedinom smere, od zdroja ku prijímaču. Opačný smer prenosu nie je riešený. Príkladom je rozhlasové vysielanie.

Prenos Half-duplex

Prenos signálu je síce umožnený obojsmerne, ale v reálnom čase iba v jedinom smere. Nevyhnutné je riadenie komunikácie, kedy v akom smere bude možné vysielať.
K dispozícii je iba jediný prenosový kanál. Príklad – príručné vysielačky. V počítačových sieťach je half-duplexný prenos používaný na topológii kruh, na topológii zbernica, pri použití iba jediného optického vlákna medzi dvoma uzlami, pri WiFi spojení realizovanom podľa IEEE 802.11 a, b a g, alebo na topológii hviezda s HUB-om ako intermediary uzlom.

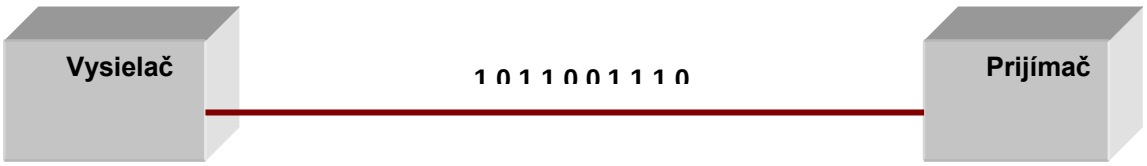
Prenos Full-duplex

Na prenos signálu sú k dispozícii dva nezávislé komunikačné kanály, prenos môže súčasne prebiehať obojsmerne. Príklad – telefonický rozhovor. Na počítačových sieťach je full-duplexný prenos umožnený napríklad v sieťach s topológiou hviezda s využitím switchov ako intermediary uzlov, pri prenosoch na technológii DSL alebo pri použití dvojice optických vlákien medzi dvoma uzlami.

Sériový a paralelný prenos

Sériový prenos

Pri sériovom prenose sú dáta vysielané po jedinom vodiči ta sebou, bit po bite. Nie je možné vyslanie viacerých bitov, napríklad celého byte, súčasne.



Výhodou sériového prenosu sú minimálne nároky na prenosové prostriedky a jednoduchosť prenosu: stačí jediný dátový vodič a vysielanie dát bit po bite.

V princípe vystačíme s dvojvodičovým káblom (dátový vodič a vodič uzatvárajúci elektrický okruh, „zemniaci vodič“).

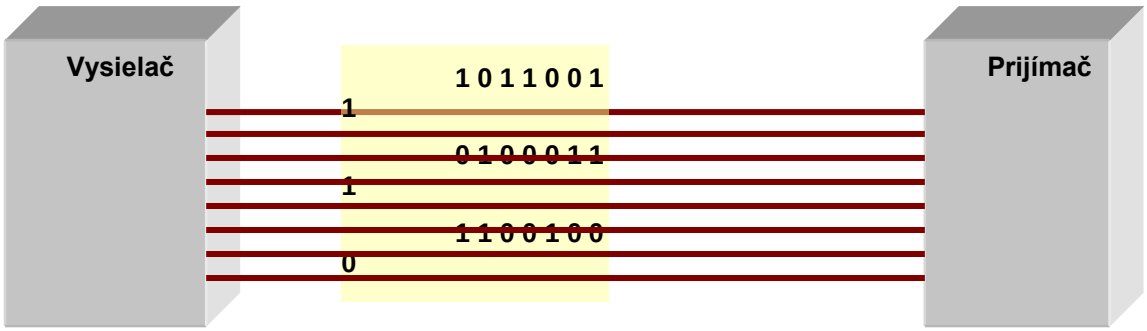
Rýchlosť prenosu je pri rovnakej taktovacej frekvencii pri porovnaní s paralelným prenosom nižšia. Na druhej strane je však pri sériových prenosoch v súčasnosti dosahovať výrazne vyšších frekvencií, ako pri paralelných typoch prenosu.

V praxi sa sériový prenos využíva veľmi často, prakticky pri všetkých sieťových prenosoch, a v súčasnosti môžeme sledovať výrazný príklon ku sériovým prenosom aj v rámci samotného počítača (rozhranie pre disky SATA, zbernica USB, zbernica PCIe)

Paralelný prenos

Pri paralelnom prenose sa prenášajú naraz, v priebehu jediného taktu, viaceré bity po viacerých vodičoch (v prípade bezkáblových prenosov po viacerých súbežných komunikačných kanáloch). Spravidla sa prenáša naraz 8 bitov (1 Byte /čítaj: jeden bajt/), prípadne sa prenáša súčasne viacero byte /čítaj: viacero bajtov/.

Výhodou je vyššia prenosová rýchlosť systému oproti sériovému prenosu pri rovnakej taktovacej frekvencii.



Nevýhodou je potreba dokonalej synchronizácie všetkých prenosových kanálov a potreba použitia káblov z viacerých vodičov. Pri prenosoch na krátke vzdialenosti tento problém nie je zásadný a paralelné prenosy sa skutočne používajú napr. na komunikáciu v rámci samotného počítača alebo na komunikáciu s blízkymi perifémymi zariadeniami.

Na prenosy do vzdialenosti viac ako na niekoľko metrov by však použitie viacžílových vodičov predstavovalo neúmerné technické problémy (parazitné javy, komplikovaná inštalácia hrubých mnohožílových káblov) a nebolo by výhodné ani po stránke ekonomickej (drahá kabeláž).

V dôsledku parazitných javov (parazitné kapacity a indukčnosti medzi jednotlivými vodičmi) je pri paralelnom prenose obtiažné dosiahnúť taktovacej frekvencie v rádu gigahertzov, pričom u sériových prenosov sa takt okolo 1 GHz už bežne využíva.

Problematika fyzickej vrstvy

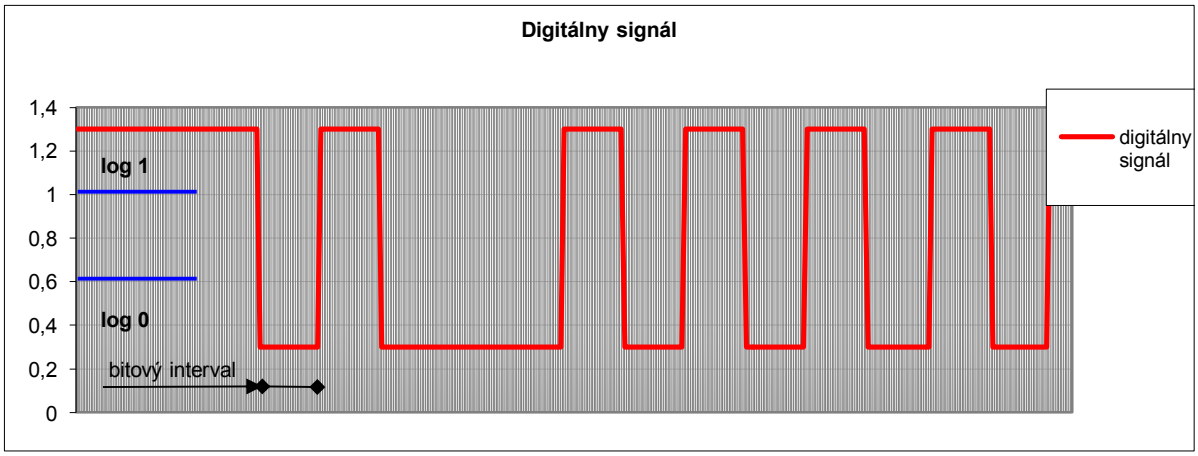
V praxi sa paralelný prenos využíva na prenos dát v rámci procesora, v rámci základnej dosky počítača a na pripojenie rôznych zariadení (pevný disk, tlačiareň, sieťová karta).

Pri prechode dát z paralelnej zbernice na sériovú musí dôjsť ku multiplexovaniu, tzn. že na sériovú linku sa postupne pripájajú jednotlivé vodiče paralelnej zbernice. Ak nemá dochádzať ku zníženiu prenosovej rýchlosti, musí byť takt sériovej zbernice minimálne toľkokrát vyšší, koľko vodičov má paralelná zbernica. Na vyrovnanie prípadných výkyvov rýchlostí pri samotnom prenose sa používajú vyrovnávacie pamäte – buffers /čítaj: bafers, slangovo sa používa aj poslovenčený termín bafre/.

Baseband a broadband

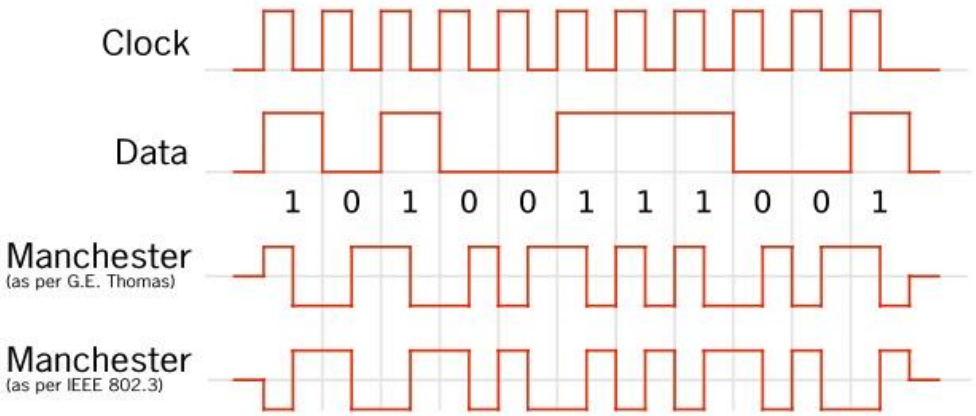
Baseband

Termínom *baseband* označujeme *prenos v základnom pásme*, to znamená, že každému taktu taktovacieho signálu zodpovedá jediný prenesený bit. Ide o *dvojstavový* digitálny signál (binárny signál) prenášaný pomocou jednoduchej signalizácie typu áno-nie. Typickým príkladom je dvojstavová TTL logika a podobné systémy prenosu.



Pri prenose typu *baseband* definujeme pojem *bitový interval*. Je to doba potrebná na prenos jedného bitu, pričom pri tomto spôsobe prenosu je táto doba zhodná s taktom synchronizačného signálu.

Prenosom v základnom pásme označujeme aj špeciálne metódy kódovania ako sú AMI, MLT-3, NRZI, Manchester, Diferenciálny Manchester a ďalšie.



Broadband

Termínom *broadband* označujeme prenos metódou *modulácie nosného signálu*. Princípom tohto prenosu je, že nosný signál s vysokou frekvenciou je modulovaný modulačným signálom, ktorého frekvencia je zreteľne nižšia. Samotnú informáciu nesie modulačný signál. Pri tomto spôsobe prenosu je typické, že v priebehu jediného taktu modulačného signálu je možné prenášať viacero bitov. Je to dosiahnuté použitím viacstavových metód modulácie.

11. Modulácia

Základná schéma modulácie

Nosný signál je signál, ktorý má presne definované parametre – **frekvenciu, amplitúdu, fázu.** *Modulačný signál* je nositeľom prenášanej informácie.

Modulačný signál sa elektronickou cestou zmieša s nosným signálom tak, že modulačný signál mení niektorý parameter nosného signálu – napr. amplitúdu, frekvenciu, alebo fázu. Podľa toho hovoríme o amplitúdovej, frekvenčnej alebo fázovej modulácii.

Úroveň zmeny daného parametra (odchylka od základného stavu nemodulovanej nosnej) potom predstavuje samotnú prenášanú informáciu.

Takto vznikne zmiešaný – modulovaný signál, ktorý je potom vysielaný ku prijímaču.

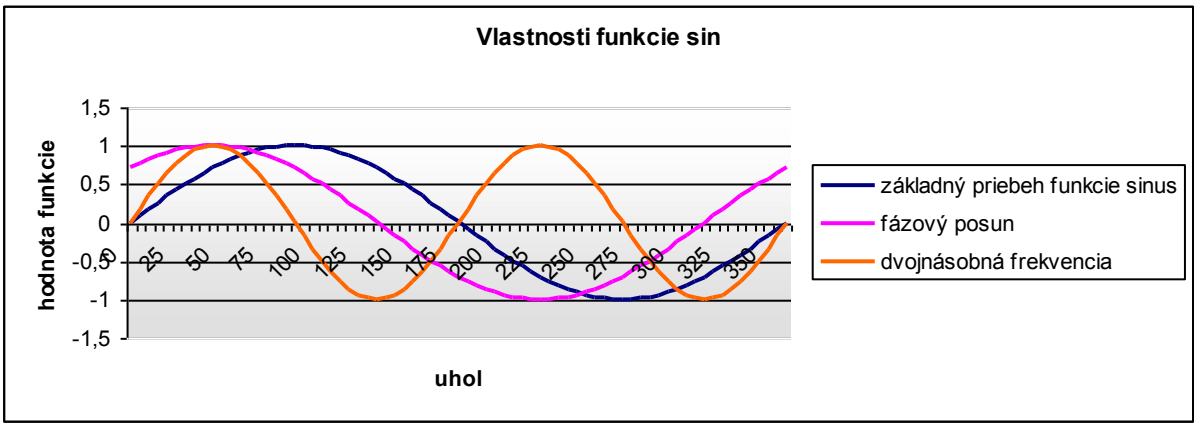
V prijímači nastane opačný proces – demodulácia: Z prijímaného signálu sa oddelí modulačná zložka, teda tá časť signálu, ktorá spôsobila zmenu nosnej, a spracuje sa ďalej ako prenesená informácia.

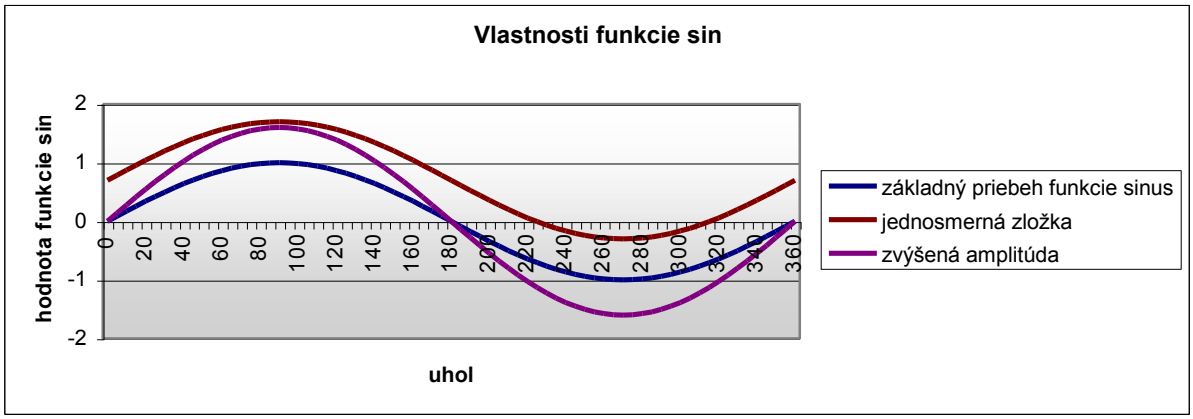
Druhy modulácie:

V zásade poznáme *tri základné druhy modulácie*: *amplitúdovú*, *frekvenčnú* a *fázovú*. Okrem týchto základných druhov existuje aj celý rad ďalších, s ktorými sa však oboznámime neskôr.

Základné parametre harmonického signálu

Na pochopenie ďalšieho výkladu je však nevyhnutné zopakovať si základné parametre harmonického priebehu, ako sú amplitúda, jednosmerná zložka, frekvencia a fáza.





Za predpokladu, že priebeh funkcie sinus vyjadruje priebeh napätia, má obecný vzťah harmonického priebehu tvar:

$$u_x = U_{\max} * \sin(\omega t + \varphi)$$

$\mathbf{U_{max}}$ je hodnota amplitúdy priebehu

ω predstavuje kruhovú frekvenciu, $\omega = 2\pi f$, kde f je frekvencia

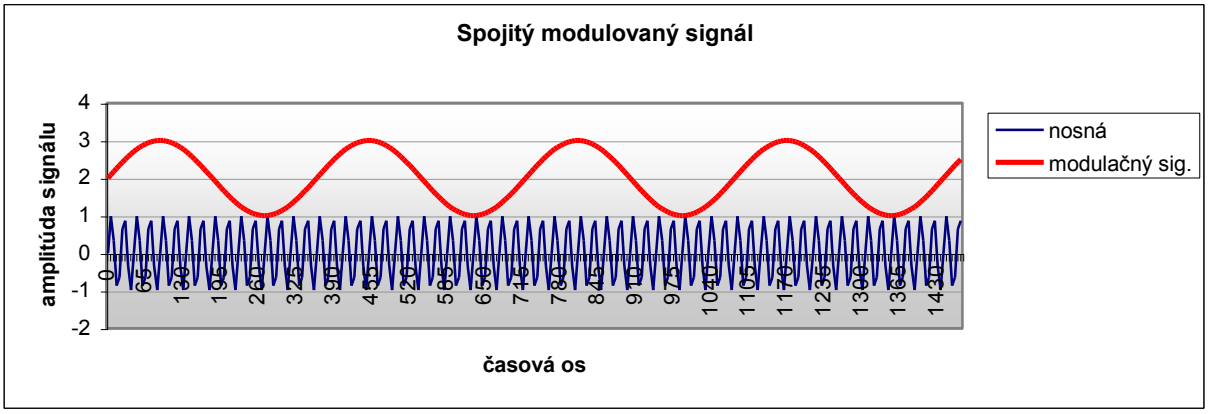
t je čas

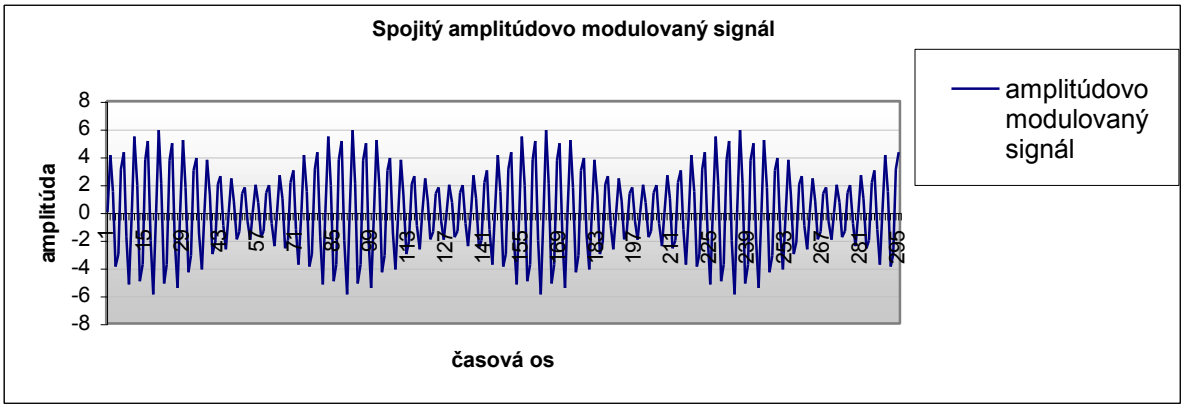
φ je fázový posun

Modulácie spojitých signálov

Princíp amplitúdovej modulácie:

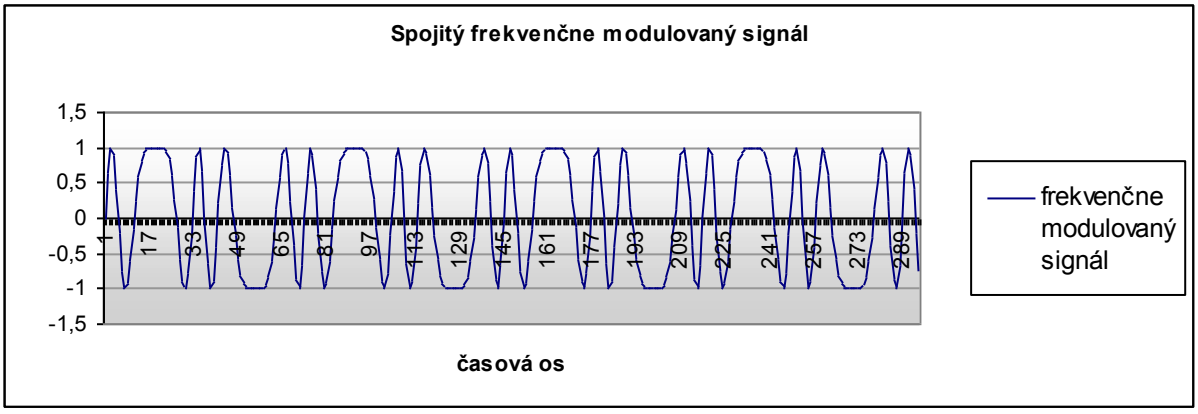
Nosný signál je upravený tak, že sa v závislosti od modulačného signálu mení amplitúda nosného signálu.


Spojitý modulovaný signál
amplitúda signálu
časová os
nosná
modulačný sig.


Spojitý amplitúdovo modulovaný signál
amplitúda
časová os
amplitúdovo modulovaný signál

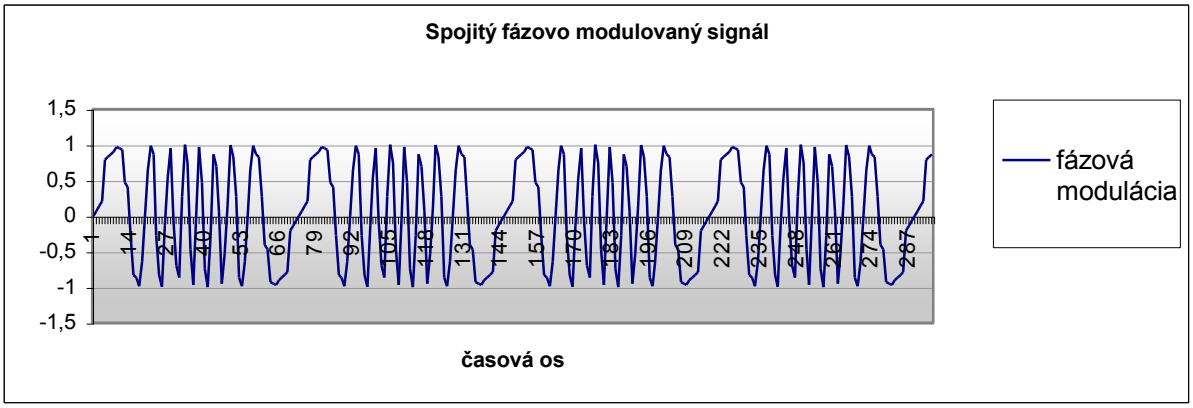
Princíp frekvenčnej modulácie:

Nosný signál je upravený tak, že sa v závislosti od modulačného signálu mení frekvencia nosného signálu.



Princíp fázovej modulácie

Nosný signál je upravený tak, že sa v závislosti od modulačného signálu mení fáza nosného signálu.

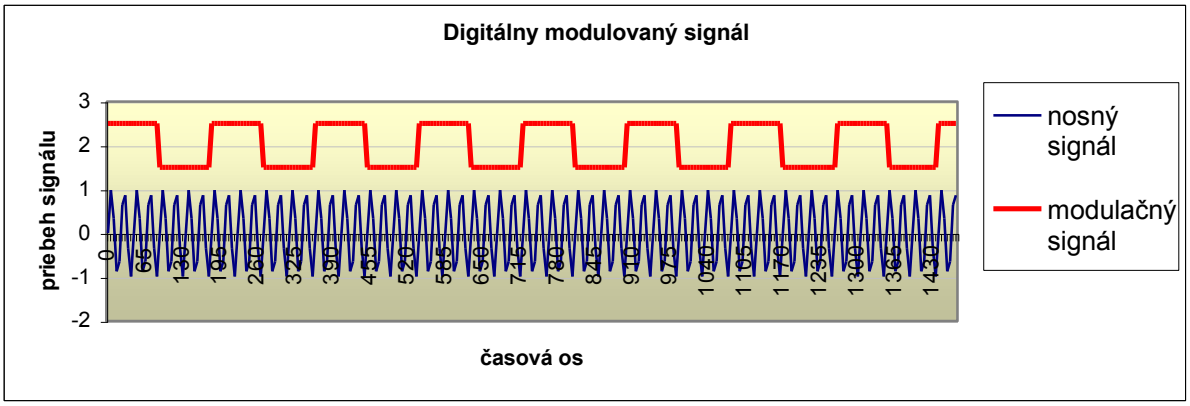


Modulácia digitálneho signálu

Obdobne ako analógový – spojitý – signál je možné pomocou modulácie prenášať aj digitálny – číslicový – signál. Kým v prípade spojitého signálu môže modulačný signál nadobúdať teoreticky nekonečne veľkého množstva hodnôt, mení sa plynule, môže predstavovať aj minimálne zmeny v amplitúde, fáze alebo frekvencii, dochádza u digitálneho signálu iba k nadobúdaniu dvoch úrovní amplitúdy (resp. frekvencie či fázy).

Realizácia samotného procesu modulácie je tak jednoduchšia – modulovaná zložka nosného signálu nadobúda iba dvoch úrovní hodnôt.

Nosný signál je rovnaký ako v prípade analógových modulácií – harmonický spojitý signál.



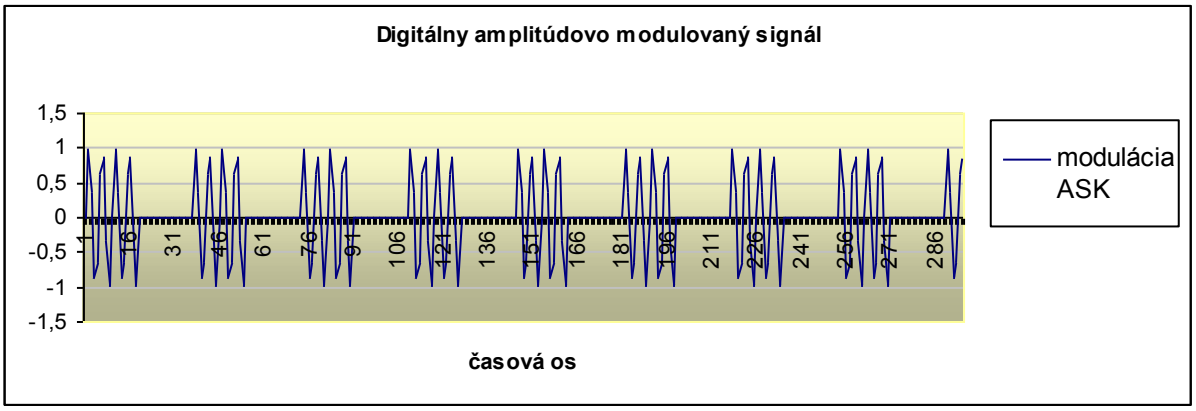
Pretože digitálny signál však musí reprezentovať viac úrovní, ako dve – napríklad pri prenose zvuku predsa nechceme počúvať iba prerušované pískanie jednej výšky a hlasitosti určitého tónu, musí byť reálny zvuk najskôr zakódovaný do podoby digitálnej informácie. Obdobná situácia nastáva pri prenose obrázkov, textu, videa a ďalších veličín.

Samotné kódovanie je však iný proces, realizovaný inými obvodmi a samotnej modulácie sa spravidla priamo netýka.

Modulácia s kľúčovaním amplitúdy

(ASK – Amplitude Shift Keying)

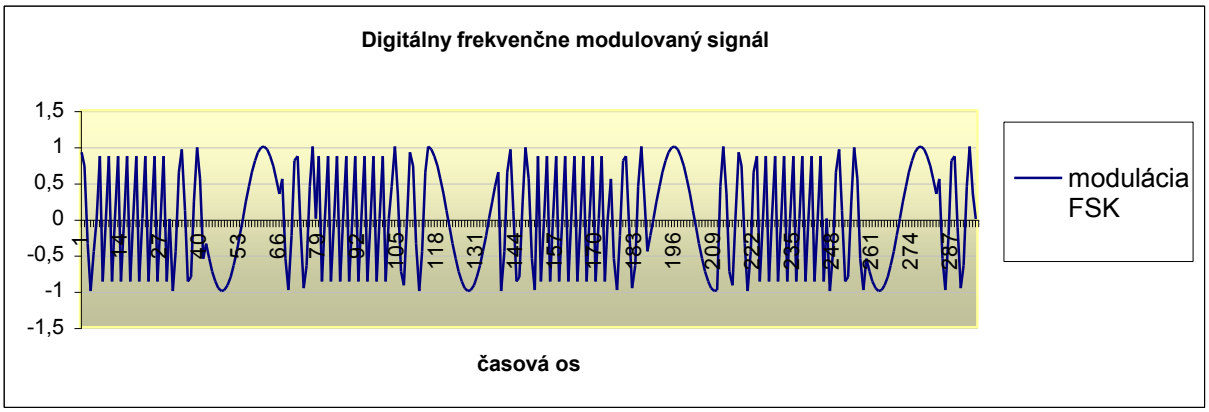
Pri tejto modulácii sa úroveň amplitúdy nosnej skokovo mení – nadobúda dvoch hodnotových (napäťových) úrovní amplitúdy signálu. Jedna napäťová úroveň – spravidla nižšia – predstavuje úroveň „log 0“ a druhá – vyššia napäťová úroveň predstavuje digitálnu hodnotu „log 1“. Logická nula býva často reprezentovaná aj nulovou hodnotou amplitúdy (vtedy hovoríme o modulácii s kľúčovaním nosnej).



Modulácia s kľúčovaním frekvencie

(FSK – Frequency Shift Keying)

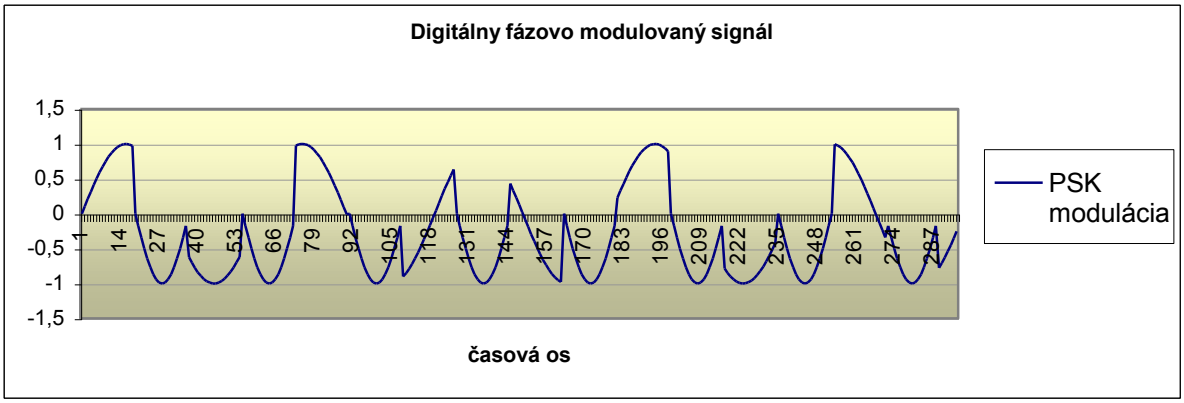
Digitálny signál je modulovaný zmenou frekvencie nosnej. Logická 0 je reprezentovaná základnou úrovňou frekvencie nosnej, úroveň „log 1“ je daná zvýšenou frekvenciou nosnej. Jedným z možných riešení je použitie dvoch generátorov nosnej, každý pracuje na inej frekvencii. Problémom pri tejto modulácii je nežiadúca zmena fázy pri kľúčovaní frekvencie, čím sa nevhodne rozširuje využívané frekvenčné spektrum. Riešením je použitie jediného generátora, ktorý mení frekvenciu generovaného signálu v závislosti od modulačného signálu. Ku zmenám frekvencie dochádza vždy iba pri prechodu nosného signálu nulovou úrovňou napätia. Toto riešenie sa nazýva Minimum Shift Keying, je technicky náročnejšie, ale dáva lepšie výsledky.



Modulácia s kľúčovaním fázy

(PSK – Phase Shift Keying)

Digitálny signál je modulovaný zmenou fázy nosnej. Logická 0 je reprezentovaná základnou úrovňou fázy nosnej – bez fázového posunu, úroveň „log 1“ je daná zmenenou fázou nosného signálu.

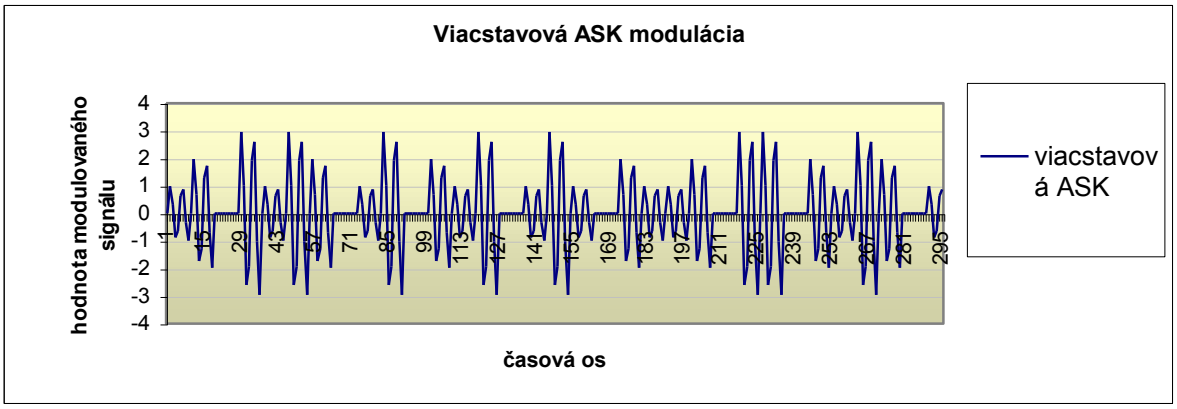


Viacstavové modulácie

Ak použijeme modulačnú schému, ktorá síce pracuje s diskrétnymi hodnotami modulačného signálu, ale pravuje s viac ako dvoma hodnotami, hovoríme o viacstavovej modulácii. Ako základ viacstavovej modulácie je možné použiť ktorúkoľvek zo základných

digitálnych metód – ASK, FSK aj PSK za predpokladu, že zariadenie je schopné pracovať s viacerými úrovňami modulovaného signálu.

Tak napríklad štvorúrovňová ASK modulácia môže mať nasledovný priebeh:

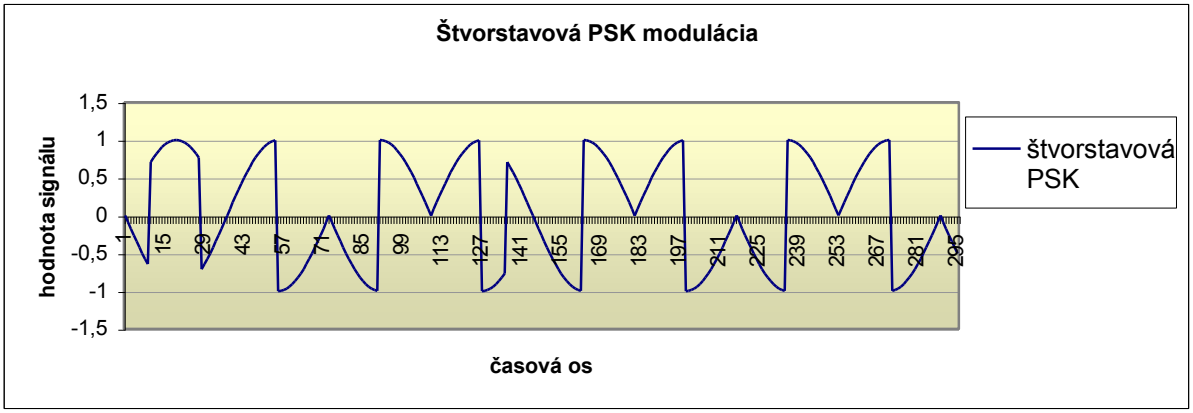


Na obrázku je príklad štvorstavovej amplitúdovej modulácie, takže v jedinom takte sa prenáša dvojica bitov: Úrovni 0 V zodpovedá sekvencia logických hodnôt „00“, 1 V predstavuje „01“, 2 V predstavujú „10“ a 3 V predstavujú logickú hodnotu „11“.

Zobrazený priebeh predstavuje sekvenciu

01 10 00 11 01 11 10 00 01 11 00 10 01 11 00 01 11 01 00 01 10 01 10 11 11 00 10 01 11 10 00 01

Obdobne je možné viacstavovú moduláciu použiť v prípade FSK či PSK. Technicky limituje počet možných stavov schopnosť vysielača generovať signál s daným počtom stavov a na strane prijímača jeho dostatočná citlivosť, aby bol schopný jednotlivé stavy spoľahlivo rozlíšiť.



Ak použijeme kódovaciu schému a prenos dát, ktorý predstavuje prenos presne jediného bitu v jednom takte, hovoríme o prenose v základnom pásme.

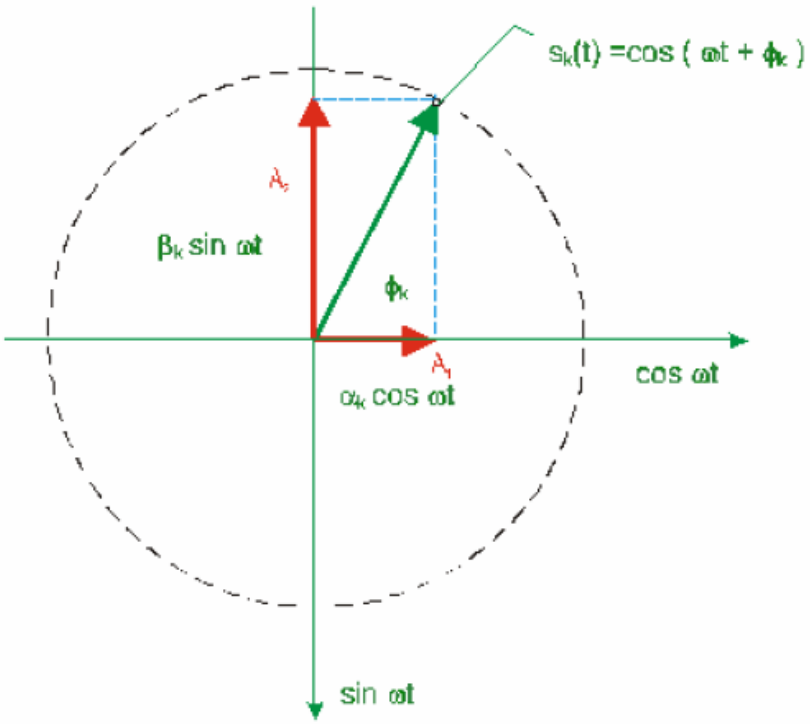
Kvadratúrno-amplitúdová modulácia QAM

V princípe je založená na súčasnej modulácii dvoch parametrov signálu – amplitúdy a fázy. Tento prístup umožňuje dosiahnúť vysokého stupňa rozlíšiteľných stavov v priebehu jediného modulačného intervalu, a tým aj prenosu viacerých bitov v jedinom takte. Bežne sa

používajú QAM v môde 256, 1024 a špičkovo aj 4096 stavov, čo umožňuje v jedinom takte prenášať 8 bitov, 10 bitov či dokonca 12 bitov.

Zobrazovanie jednotlivých stavov v bežnom zobrazení na časovej osi by však bolo veľmi neprehľadné, preto sa využíva tzv. *constellation diagram*. v tomto diagrame je zachytený iba jediný časový moment, nezobrazuje časovú os. Namiesto toho používa osi x a y pre zobrazenie fázy (obdobne ako fázorový diagram) a dĺžka vektora od stredu zodpovedá príslušnej amplitúde.

Obrázok: Koncepcia QAM zápisu stavov



Obrázok: Zachytený QAM-64 constellation diagram

12. Prenosová rýchlosť a modulačná rýchlosť

Prenosovou rýchlosťou rozumieme ***objem dát prenesených za jednotku času***. Objem dát vyjadrujeme zvyčajne v bitoch alebo bytoch, prenosová rýchlosť sa vyjadruje spravidla ***v bitoch za sekundu*** (b/s, niekedy sa používa zápis bps – bits per second), niekedy aj v byte za sekundu (bajtoch za sekundu, B/s).

Modulačnou rýchlosťou rozumieme počet taktov za sekundu prenesených pri modulovanom prenose – broadband-e. Keďže pri modulovanom prenose môže modulovaná veličina nadobúdať viac ako dva stavy, môže sa v jednom takte preniesť viac ako jeden bit. Informáciu prenášanú v jednom takte pri modulovanom prenose nazývame ***znak*** a modulačná rýchlosť sa vyjadruje ako ***počet prenesených znakov za sekundu.***
Vyjadruje sa v ***Baudoch*** – ***Bd***.

Pri prenose v základnom pásme je prenosová rýchlosť daná priamo frekvenciou prenosového signálu, teda ***počtom taktov za sekundu***. Prenosová rýchlosť je rovná modulačnej rýchlosti, pretože v jednom takte prenášame práve jeden bit.

Pri prenose v preloženom pásme je frekvenciou prenosového signálu, teda počtom taktov za sekundu, určená ***modulačná rýchlosť'***. Prenosová rýchlosť je potom súčinom modulačnej rýchlosti a počtom bitov prenesených v jedinom takte.

Vzťah medzi počtom stavov modulačného signálu a počtom bitov prenesených jediným znakom daný formulou:

$$počet\ stavov = 2^{počet\ bitov}$$

Príklad:

Ak použijeme 16-stavovú moduláciu (modulovaná veličina môže nadobudnúť práve niektorú zo 16-tich možných hodnôt), preneseme v jedinom takte 1 znak, ktorému zodpovedajú 4 bity (podľa pravidla že $počet\ stavov = 2^{počet\ bitov}$

a $2^4 = 16$, takže počet bitov prenesených v jednom takte je 4.

Ak frekvencia modulačného signálu bude 1kHz, znamená to, že je vyslaných 1000 znakov za sekundu a modulačná rýchlosť je teda 1000 Bd. Prenosová rýchlosť bude 1000 * 4 bity = 4000 bitov za sekundu.

Príklad:

Ak použijeme prenos v základom pásme a taktovacia frekvencia bude 100 kHz, prenesie sa 100 000 taktov za sekundu a v každom takte sa prenesie práve 1 bit. Prenosová rýchlosť potom bude 100 000 b/s.

13. Problematika synchronizácie

Ďalšou dôležitou otázkou je problematika synchronizácie. Keďže digitálne dáta sú vysielané v určitej časovej postupnosti (bit po bite), je potrebné určiť, koľko trvá vysielanie jediného bitu a prijímač musí dáta spracovávať podľa tejto časovej schémy, inak dôjde ku chybnej interpretácii bitov.

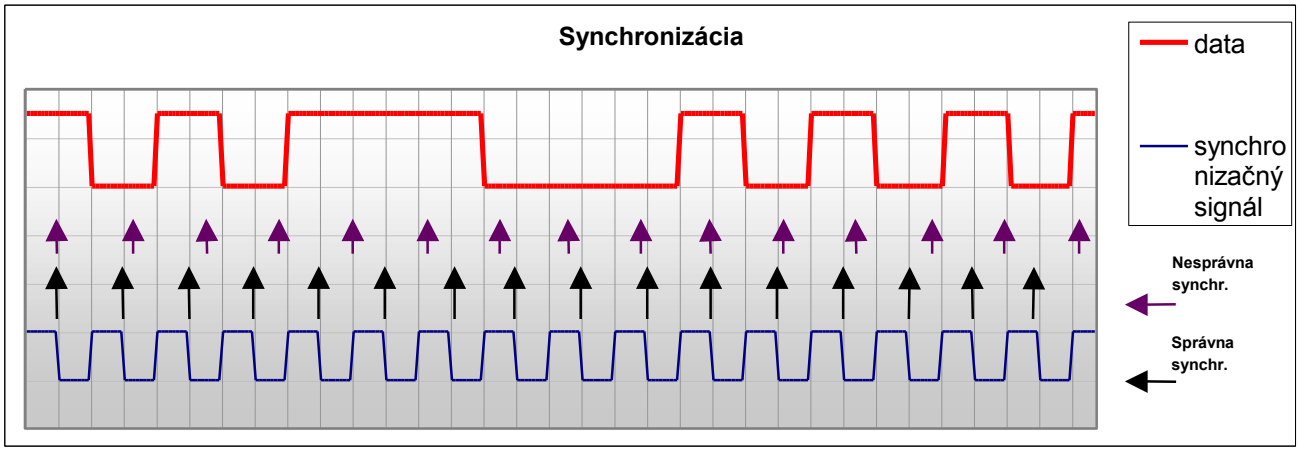
V zásade sa používajú opäť tri rozdielne systémy:

- synchronizovaný prenos
- asynchrónny prenos
- arytmický prenos

Synchronizovaný prenos.

Komunikačným protokolom fyzickej vrstvy je dohodnuté, v akej frekvencii sú vysielané jednotlivé bity.

Pri synchronizovanom prenose je nevyhnutné zabezpečiť, aby vysielač aj prijímač pracovali synchrónne - teda v rovnakej frekvencii aj fáze. Vysielač musí okrem samotných dát generovať aj synchronizačný signál, ktorý je súbežne s dátami prenášaný k prijímaču.



Na obrázku je červenou čiarou vyznačený signál ktorý reprezentuje prenášané dáta, modrá čiara predstavuje synchronizačný signál. Celá perióda synchronizačného signálu zodpovedá presne bitovému intervalu.

Správne nastavený elektronický obvod prijímača zabezpečuje, že prijímač číta prenášané dáta vždy v momente zostupnej hrany synchronizačného signálu, ktorý súhlasí presne so stredom bitového intervalu. Tieto momenty sú označené čiernymi šípkami a predstavujú momenty správneho čítania prenášaných dát. Ak čítame hodnotu dátového signálu v správnych okamihoch (čierne šípky), dostaneme postupnosť :

1010111000101010 – dáta sa zhodujú s vysielanými dátami.

Ak synchronizácia nepracuje správne – synchronizačný signál má napríklad menšiu frekvenciu, ako je taktovacia frekvencia dátového signálu, alebo je synchronizačný signál rozladený, alebo synchronizačný signál vôbec chýba, dôjde ku čítaniu dát v nesprávnych okamihoch: V tomto obrázku je nesprávna synchronizácia označená fialovými šípkami.

Pozrime sa, aké dáta čítame v okamihoch označených fialovými šípkami:

101011000101011 – vidíme, že celkom nám pri čítaní vypadol 7 a 15 prenášaný bit a načítané dáta nesúhlasia s dátami vyslanými.

Nesprávny alebo celkom chýbajúcajúci priebeh synchronizačného signálu znamená prakticky vždy chybný prenos dát. Správna synchronizácia je preto v priebehu prenosu signálu veľmi dôležitá.

Metódy zabezpečenia synchronizácie

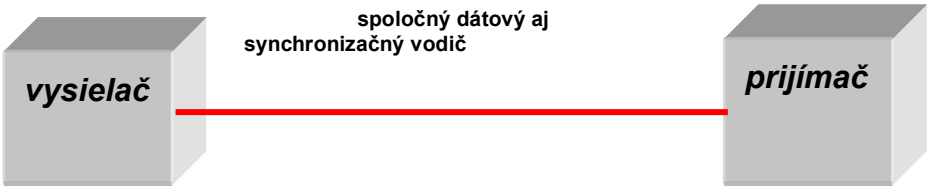
Prenos synchronizačného signálu sa zabezpečuje buď po samostatnom vodiči, alebo zakódovaním synchronizačného signálu do samotných prenášaných dát (napr. použitím kódovania typu Manchester).

Synchronizácia s použitím samostatného vodiča

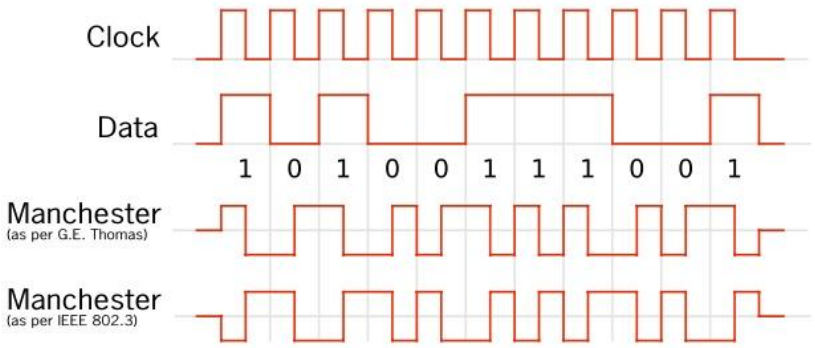
Použitie samostatného vodiča predstavuje pri prenose na väčšie vzdialenosti viaceré komplikácie: Pre každý prenosový kanál je nutné do kabeláže pridať ďalší pár vodičov na prenos synchronizačného signálu. Tým sa predražuje kabeláž, zvyšuje sa riziko presluchov, vyžarovaného elektromagnetického rušenia a s narastajúcim počtom vodičov narastá hrúbka káblov a komplikuje sa aj inštalácia kabeláže.

Synchronizácia s použitím špeciálnych metód kódovania

Používa sa jediný vodič na prenos dát aj synchronizačného signálu



Kódovanie signálu nie je triviálne, ale používa sa komplikovanejšia schéma: logická jednotka zodpovedá napríklad zmene z hornej úrovne do dolnej v strede bitového intervalu, logická nula je predstavovaná zmenou z dolnej úrovne do hornej. Zmena úrovne v strede bitového intervalu predstavuje súčasne synchronizačný impulz.



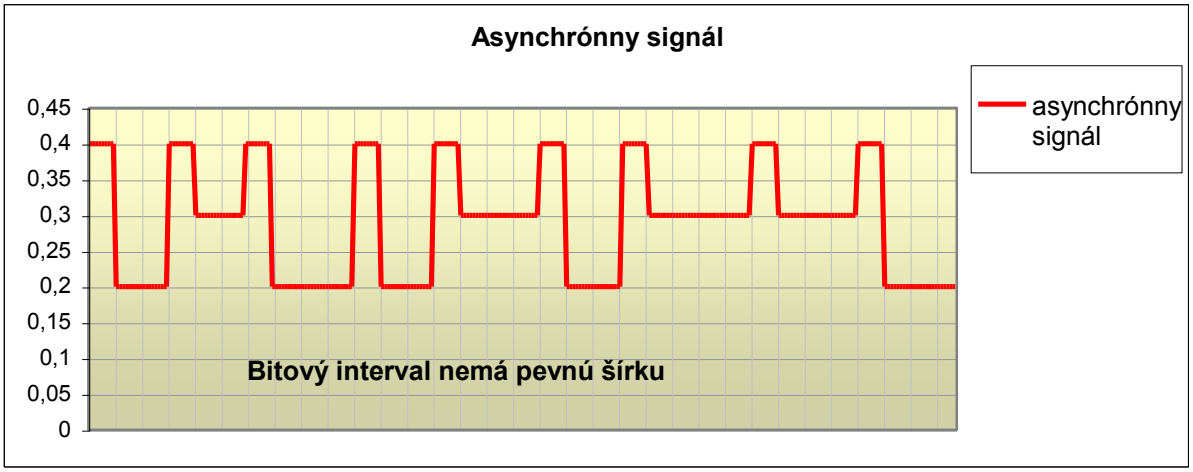
Problematika fyzickej vrstvy

Nevýhodou používania špeciálnych metód kódovania zníženie šírky prenosového pásma (čas prensosvej kapacity linky je spotrebovaná na synchronizačný signál; inými slovami pri používaní kódovania typu Manchester musí byť bitová šírka dvojnásobná v porovnaní s triviálnym kódovaním).

Synchrónny prenos je v oblasti počítačových sietí, ale aj v oblasti výpočtovej techniky všeobecne najčastejšie používaným prenosovým mechanizmom.

Asynchrónny prenos

Nie je zabezpečený žiadnou synchronizáciou. Každý bit musí byť označený vyslaním špeciálnej značky na začiatku bitu - spravidla ide o napäťovú úroveň, ktorá nezodpovedá žiadnej z úrovní log0 a log1. Prenášané dáta nemusia byť vysielané s konštantnou frekvenciou, dĺžka bitového intervalu nie je v čase konštantná, ale bitový interval je označený vyslaním, špeciálnej značky.



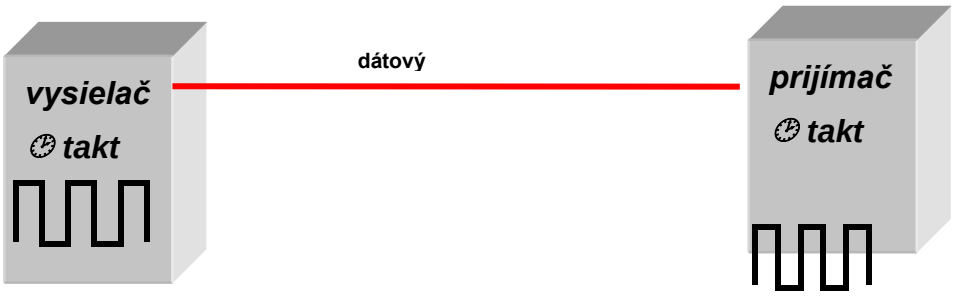
Na príklade podľa obrázku zodpovedá úroveň 0,2 V logickej 0, úroveň 0,3 V logickej 1 a úroveň 0,4 V slúži na oddelenie jednotlivých bitových intervalov. Prenášaný digitálny signál podľa obrázku teda predstavuje postupnosť 010010110.

Vzhľadom na nutnosť používať trojstavovú úroveň napäťových signálov nie je tento spôsob v počítačových technológiách prakticky vôbec používaný.

Arytmický prenos

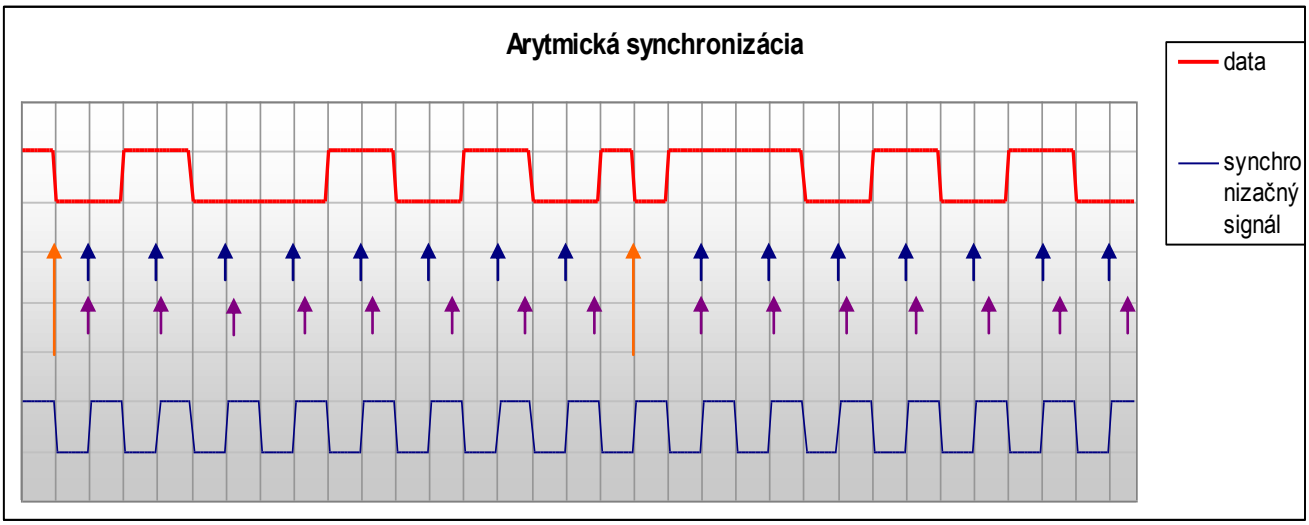
Niekedy býva nesprávne označovaný ako asynchrónny.

Dáta sú vysielané synchronizovane, s pevnou frekvenciou a teda aj s pevnou dĺžkou bitového intervalu. Synchronizácia však nie je súčasťou prenášaného signálu, ale zabezpečujú ju samostatné hodiny vysielača a hodiny prijímača.



Na začiatku prenosu je nevyhnutné hodiny prijímača zosynchronizovať s hodinami vysielača. Na to sa použije špeciálny synchronizačný signál, ktorý je predstavovaný určitou špecifickou postupnosťou bitou (v tejto súvislosti sa často používa termín "start-bit" a "stop-bit"). Táto postupnosť zabezpečí, že hodiny vysielača aj prijímača bežia synchrónne. Začnú sa vysielať samotné dáta, ich správne čítanie na strane prijímača je zabezpečené hodinami na strane prijímača.

Pri arytmickom prenose je však potrebné ošetriť ešte jeden vážny problém: Aj keď start-bitom hodiny prijímača zosynchronizujeme s hodinami vysielača, po čase dôjde k ich rozladeniu, pretože technicky by bolo veľmi obtiažné a drahé vyrobiť dokonale presné hodiny. Z toho dôvodu je treba skôr, kým dôjde ku chybnému čítaniu dát, hodiny opäť správne zosynchronizovať.



Na obrázku predstavuje červená čiara prenášané dáta, modrý priebeh predstavuje fiktívny synchronizačný signál (fiktívny preto, že takto by mal synchronizačný signál vyzerať, ale pri arytmickom prenose sa žiadny skutočný synchronizačný signál neprenáša). Vysielač aj prijímač sú synchronizované samostatnými hodinami, ktoré ovšem nikdy nie sú ideálne. Rozdiel v časovaní hodín vysielača a prijímača je naznačený v obrázku. Modré šípky reprezentujú okamihy ideálneho čítania dát (hodiny vysielača) a fialové šípky predstavujú skutočné okamihy čítania dát (hodiny prijímača). Vidíme, že takt obidvoch hodín je rozdielny. Na začiatku prenosu dát je potrebné vyslať špeciálny signál (start/stop), ktorý je označený oranžovou šípkou a ktorý zabezpečí zosúladenie hodín prijímača s hodinami vysielača.
V priebehu čítania dát prijímačom sa vplyvom rozdielneho taktu hodín vysielača a prijímača postupne „rozľaďuje“ synchronizácia (šípky označujúce skutočné okamihy čítania sa posúvajú voči modrým šípkam, označujúcim ideálne momenty čítania). Po určitom čase (v našom prípade to je 8 bitov) by „rozľadenie“ spôsobilo chybné čítanie dát a preto je potrebné zopakovať synchronizačný start/stop signál, ktorý opäť hodiny prijímača a vysielača vzájomne zosúladí.

Dobu medzi start/stop značkami označujeme ako „***rámec***“.

Dáta sa teda neprenášajú v súvislom prúde, ale po častiach - "rámcoch. Dĺžka rámca sa vyjadruje buď počtom bitov, alebo časom, ktorý je daný súčinom počtu bitov rámca a bitovým intervalom. Maximálny počet bitov v rámci, resp. jeho dĺžka vyjadrená v sekundách, je daná zaručenou presnosťou hodín vysielača a prijímača.

Príklad:

Ak je bitová šírka $1*10^{-4}$s, tzn. prenosová frekvencia je 10 kHz, a zaručená presnosť hodín je 0,001%, môžu sa hodiny vysielača aj prijímača rozladiť za 1 takt najviac o 0,001 % s, t.j. o 0,00001 z bitového intervalu. Ak je bitový interval $1*10^{-4}$s a presnosť hodín 0,00001 z bitového intervalu, získame presnosť hodín vyjadrenú v absolútnych hodnotách $1*10^{-4}$s * $1*10^{-5}$ = $1*10^{-9}$s, t.j. 1 ns.

V najnepriaznivejšom prípade sa budú hodiny vysielača o toľko predbiehať a hodiny prijímača o toľko oneskorovať.

Otázkou je, ako najdlhší môže byť rámec aby nedošlo ku chybnému čítaniu dát.

V uvedenom najnepriaznivejšom prípade dôjde ku vzájomnému rozladeniu hodín o 2 ns. Ku chybnému čítaniu dát dôjde vtedy, ak sa okamih čítania posunie zo stredu bitového intervalu ku jeho okraju. Polovica bitového intervalu predstavuje $5*10^{-5}$

s a ku nežiadúcemu rozladeniu dôjde po $5*10^{-5}$ / $1*10^{-9}$, t.j. po $5*10^{4}$ taktoch. Dĺžka rámca vyjadrená v sekundách bude počet taktov * bitový interval, teda $5*10^{4}$ * $1*10^{-4}$s = 5s.

Za uvedených podmienok je teda najväčšia prípustná dĺžka rámca 5s, resp. 50 000 bitov.

14. Útlm

Útlm vzniká pri prenose signálu v dôsledku straty energie nosného signálu v dôsledku rezistivity prostredia, jeho ďalších fyzikálnych vlastností a v dôsledku rozptylu signálu v priestore. Útlm znižuje účinnú vzdialenosť, na ktorú je možné signál dopraviť. Dôležité súvisiace údaje: výkon vysielača, citlivosť prijímača, impedancia vedenia, činiteľ akosti dielektrika (pri káblových prenosoch), fyzikálne parametre prostredia (pri bezkáblových prenosoch).

Vzťah pre napäťový útlm:

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

A_u – napäťový útlm

u_2 – napätie na vstupe prijímača

u_1 - napätie na výstupe vysielača

Vzťah pre výkonový útlm:

$$A_p = 10 \log (p_2/p_1) \text{ [dB]}$$

A_p – výkonový útlm

p_2 – výkon na vstupe prijímača,

p_1 - výkon na výstupe vysielača,

U NF signálov vzniká útlm v dôsledku rezistivity vodiča. V prípade VF signálov má zásadný význam celková impedancia vodiča

$\mathbf{Z = R + X_L + X_c}$, kde $\mathbf{X_L}$ – induktívna reaktancia, $\mathbf{X_c}$ – kapacitná reaktancia

Problematika fyzickej vrstvy

Tabuľka : Pomer veličín vo vzťahu ku zisku, resp. útlmu

pomer veličín	vyjadrenie v dB pre napätie	vyjadrenie v dB pre výkony	dB	pomer napätí	pomer výkonov
10000	80.0	40.0	60	1000	1000000
1000	60.0	30.0	40	100	10000
100	40.0	20.0	30	31.6	1000
10	20.0	10.0	20	10	100
5	14.0	7.0	10	3.16	10
3.162	10.0	5.0	6	2	4
1.413	3.0	1.5	3	1.412	2
1	0.0	0.0	0	1	1
0.707	-3.0	-1.5	-3	0.707	0.5
0.316	-10.0	-5.0	-6	0.5	0.25
0.1	-20.0	-10.0	-10	0.316	0.1
0.01	-40.0	-20.0	-20	0.1	0.01
0.001	-60.0	-30.0	-30	0.0316	0.001
0.0001	-80.0	-40.0	-40	0.01	0.0001
0.00001	-100.0	-50.0	-60	0.001	0.000001

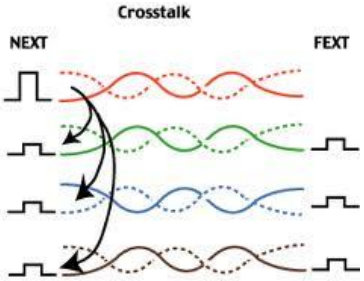
15. Problematika rušenia

Rušením rozumieme degradáciu prenášaného signálu v dôsledku vonkajších vplyvov. Týmito vplyvmi sú najčastejšie:

- v dôsledku zmiešania užitočného signálu s inými rádiovými signálmi generovanými z okolia (rušenie v oblasti rádiového spektra RFI).
- pôsobením interferencií elektromagnetického rušenia z rôznych zdrojov (EMI)

Interferenciou rozumieme odraz signálu na rozhraní rôznych prostredí a zmiešanie pôvodného užitočného signálu s týmito odrazenými zložkami.

Rušením z okolia rozumieme pôsobenie zdrojov iných signálov v okolí, napríklad v prípade rádiových prenosov ide o atmosférické poruchy, zdroje zo strojov silnoprúdej elektrotechniky (iskrenie), mikrovlnky, iné zdroje signálov v blízkom frekvenčnom spektre. U káblových prenosov ide prakticky o zhodné zdroje rušenia, ktoré pôsobením javu elektromagnetickej indukcie vyvolávajú v kabeláži napäťové impulzy, ktoré sú superponované na užitočný signál.

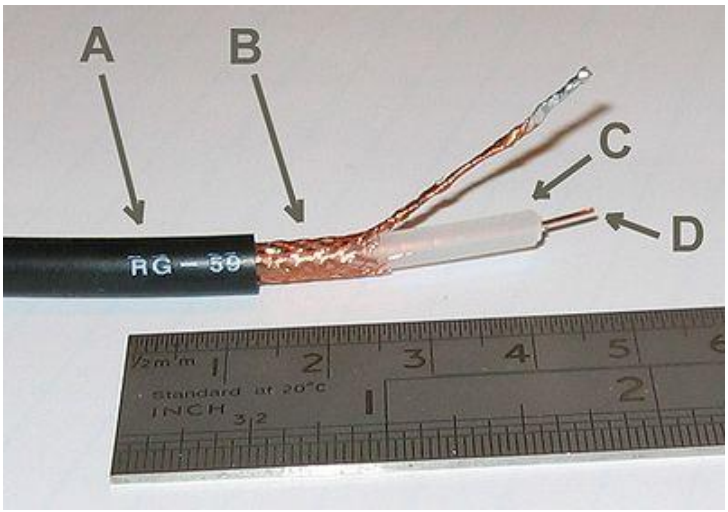


Typickým príkladom interferencií vznikajúcich v rámci prenosovej sústavy je crosstalk: Príčina crosstalku: pretekajúci prúd jadrom vodiča generuje do okolia magnetické pole, v prípade striedavých prúdov premenné elektromagnetické pole. VF signály generujú VF elektromagnetické pole. Toto indukuje v susedných vodičoch rušivé indukované napätie.

Eliminácia rušenia:

Rušivé vplyvy v káblovom vedení je možné eliminovať viacerými metódami, z ktorých najčastejšie sú:

- tienením
- vhodným usporiadaním vodičov



Tienenie – dátové vodiče sú chránené tieniacim vodičom (fólia, opletenie), ktorý je uzemnený. Indukované napätie vzniká v tieniacom vodiči a vzniknuté napätie je odvedené na zem. Jadro kábla prenášajúce dáta nie je indukciou zasiahnuté.

Ochrana voči rušeniu vhodným usporiadaním vodičov

Vhodné usporiadanie vodičov prenosovej sústavy a spôsob vyhodnocovania signálov eliminuje prípadné rušivé napätia.

Princíp vzniku crosstalku

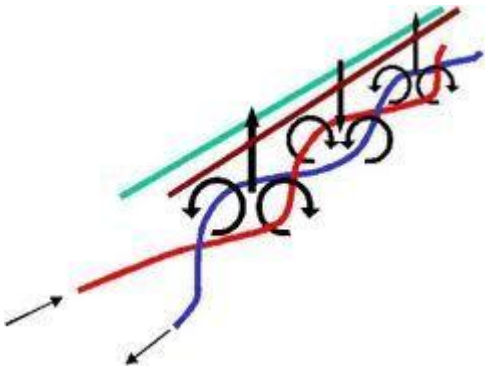
Každý vodič, pretekaný elektrickým prúdom, vytvára vo svojom okolí magnetické pole

H = I/l, kde l je dĺžka siločiary

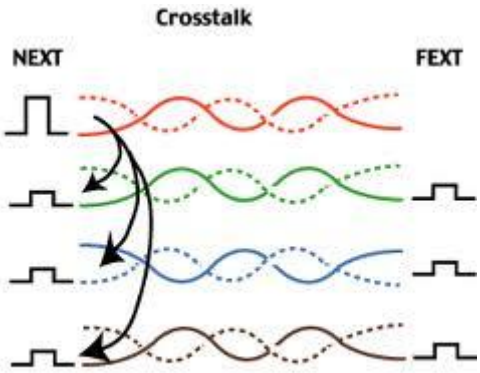
Ak je kábel, určený na prenos signálu, usporiadaný tak, že je tvorený sústavou rovnobežných vodičov, ktoré sú pretekané rôznymi signálmi, dochádza ku generovaniu magnetického poľa v okolí každého vodiča a ovplyvňovaniu signálu v susedných vodičov týmto magnetickým poľom. Keďže signály v dátových vodičoch sú tvorené vysokofrekvenčným signálom, dochádza ku generovaniu elektromagnetického poľa a toto pole indukuje v susedných vodičoch signál, ktorý pôsobí na prenášané užitočné signály ako rušenie. Tento efekt sa nazýva crosstalk. Súčasne dochádza ku vyžarovaniu elektromagnetického do okolia kabeláže, ktoré môže spôsobovať rušenie v iných kábloch.

Princíp ochrany voči crosstalku použitím twistovaných párov

V prípade, že dva vodiče, ktoré majú spoločnú geometrickú os, sú pretekané vzájomne protismernými prúdmi, a to aj za situácie, že ide o striedavý prúd, dochádza z pohľadu dĺžky kábla tvoreného viacerými závitmi krútenej dvojlinky ku vzájomnému zrušeniu magnetických aj elektromagnetických polí vytváraných vodičmi páru, čiže z pohľadu celého páru nedochádza ku vyžarovaniu magnetického poľa do okolia páru.

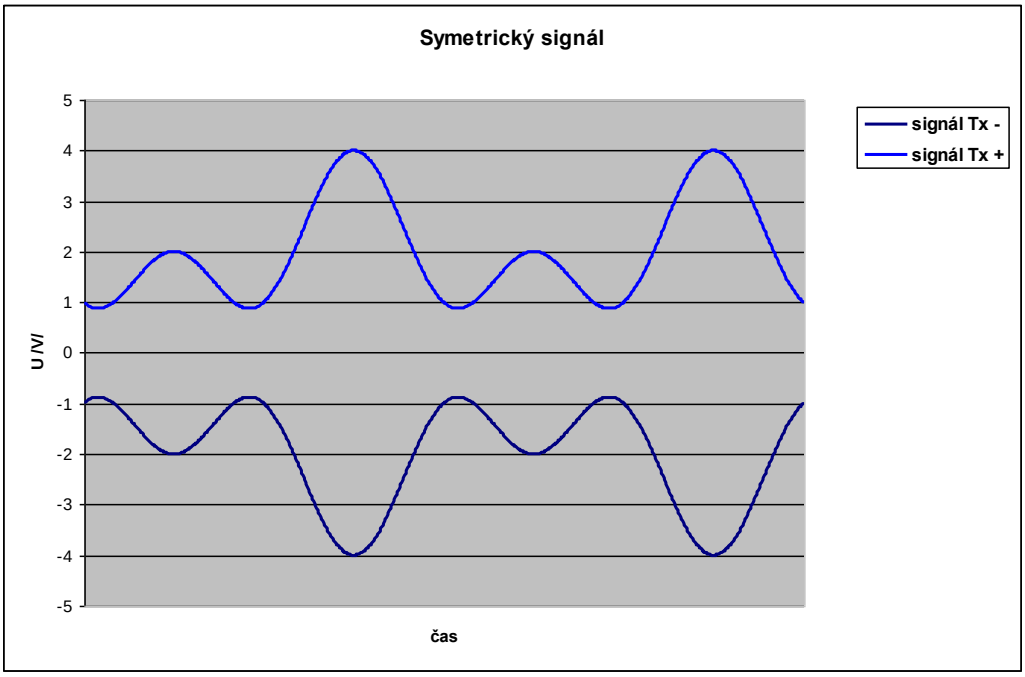


Meranie efektu crosstalku sa vykonáva s ohľadom na blízke (NEXT) aj vzdialené (FEXT) konce kábla.

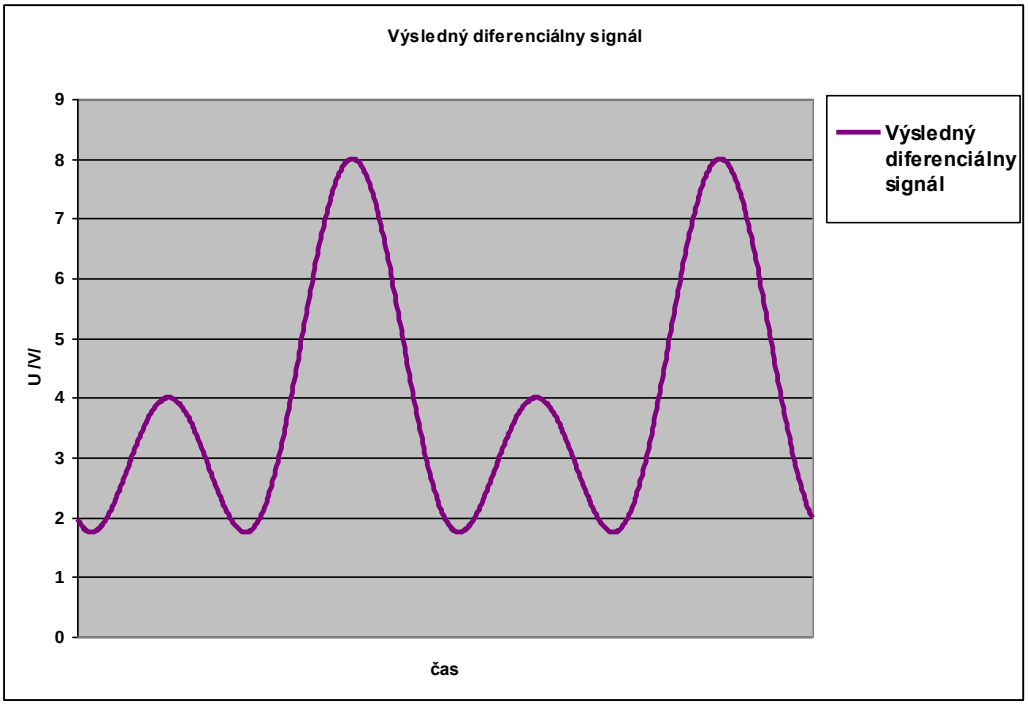


Princíp ochrany voči EMR použitím symetrickej linky

Ďalšie zvýšenie odolnosti voči rušivým javom sa dosahuje prostredníctvom symetrického prenosu signálu . Vhodným zapojením operačného zosilňovača na strane vysielača sa vysielaný signál transformuje na symetrický signál, prenášaný párom vodičov:

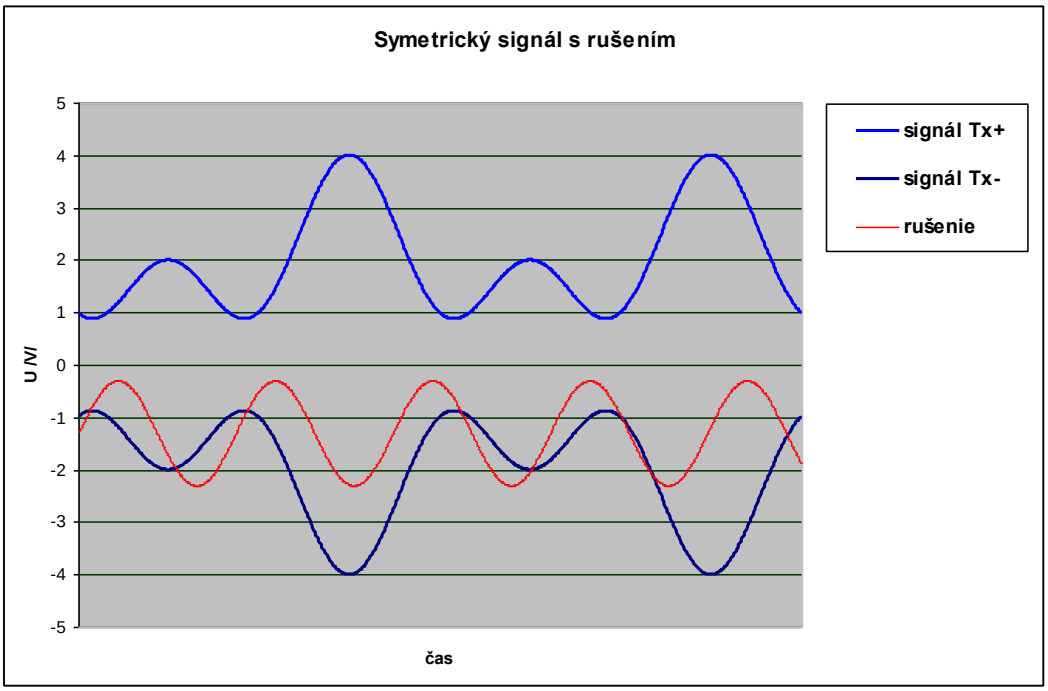


Vhodným zapojením operačných zosilňovačov na vstupe prijímača je výsledný signál detekovaný ako rozdielový signál medzi obidvoma hodnotami vstupného signálu.

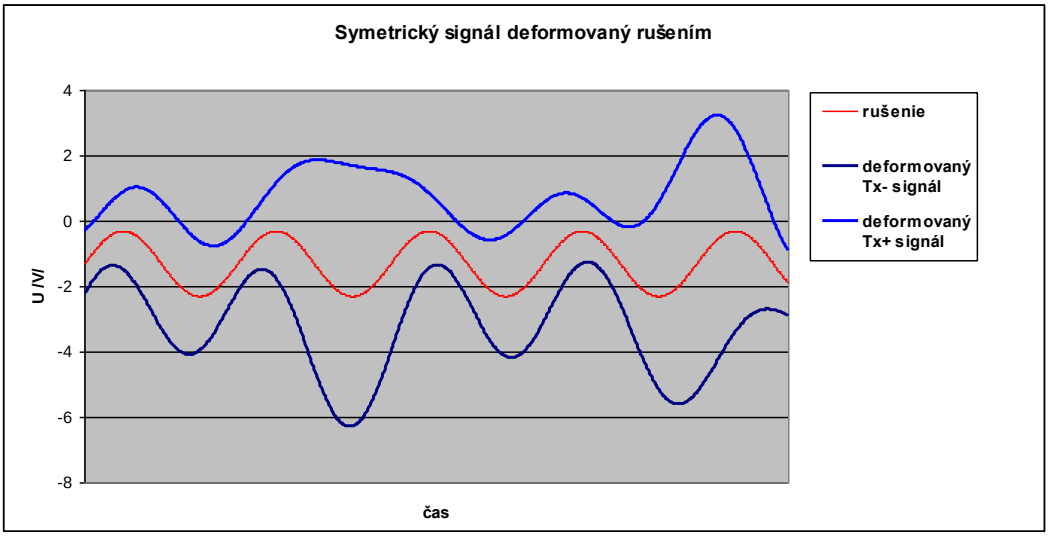


Problematika fyzickej vrstvy

Ak dôjde v priebehu prenosu signálu ku indukovaniu rušenia, znázorneného červenou sinusoidou

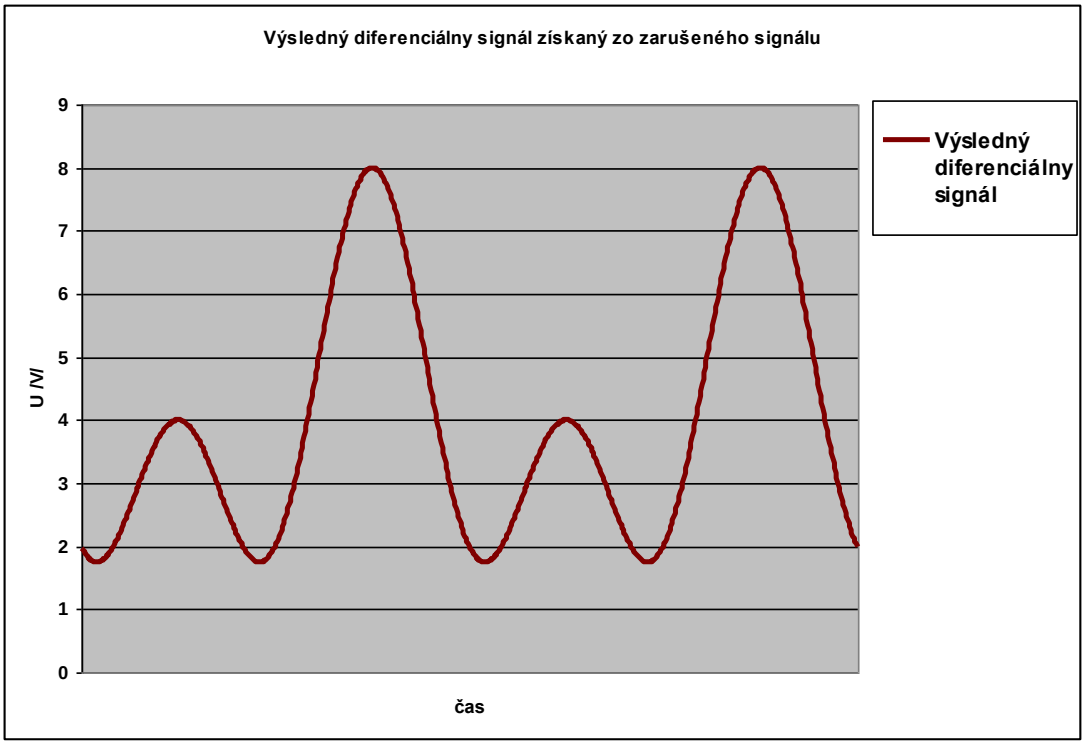


je prenášaný signál deformovaný v dôsledku indukcie nasledovne: obidva signály sú skreslené o rovnakú hodnotu:



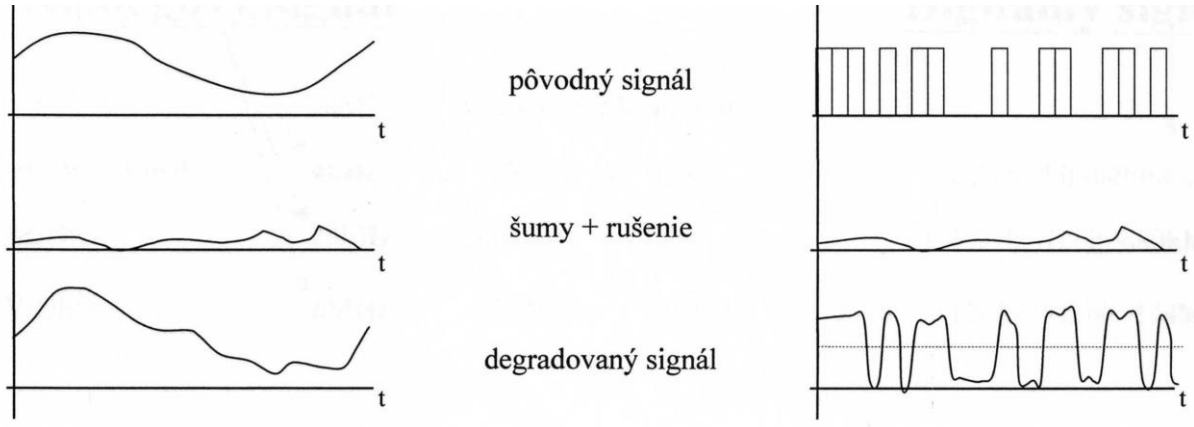
Problematika fyzickej vrstvy

Na strane prijímača musí pracovať operačný zosilňovač v zapojení ako diferenčný komparátor. Ten vyhodnocuje výsledný signál ako rozdiel medzi úrovňami napätia na obidvoch vodičoch. Ten je však aj pri rušení rovnaký, ako bol vstupný nedeformovaný signál:



Napriek rušeniu je výsledný signál, spracovaný prijímačom, rovnaký ako pôvodný vysielaný signál, bez následkov rušenia.

16. Porovnanie dôsledkov rušenia analógového a digitálneho signálu pri prenose



V priebehu prenosu dochádza ku degradácii prenášaného signálu rušením. Rušenie vzniká v dôsledku interferencie s inými zdrojmi elektromagnetického vlnenia (el. spotrebiče, iné vysielače elektromagnetickej vlny, prírodné javy), indukovaním signálu z iných zdrojov (crosstalk), alebo interferenciami s odrazmi toho istého signálu.

Problematika fyzickej vrstvy

Dôležitým parametrom pri prenose signálu je odstup signál/ šum, udáva sa v decibeloch.

U analógových signálov je degradácia rušením spravidla nevratná – rekonštruovať pôvodný signál je veľmi obtiažné a väčšinou nemožné. Dôsledok – opakované rušenie v reťazci prenosov spôsobí takú degradáciu signálu, že sa stáva nepoužiteľným.

U digitálneho signálu je dôležité, či úroveň rušenia presahuje rozhodovaciu úroveň (log. 0, log. 1). Ak je úroveň rušiaceho signálu dostatočne nízka, je síce prenesený signál skreslený, ale nie je narušená rozhodovacia úroveň u jednotlivých bitov. Na strane prijímača je potom prijatý signál interpretovaný správne – bez akéhokoľvek skreslenia prenášanej informácie, a pri ďalšom vysielaní je obnovený signál vyslaný v pôvodnom, neskreslenom tvare.

Ak úroveň rušiaceho signálu prestúpi rozhodovaciu úroveň, dochádza na fyzickej vrstve ku nevratnej degradácii pôvodného signálu – niektoré jednotkové bity sú prijímačom interpretované ako nuly a naopak.

Pri digitálnom signále je však možné s využitím špeciálneho kódovania na vyšších vrstvách a použitím samoopravných kódov aj takto narušený signál rekonštruovať do pôvodnej podoby, táto téma však presahuje rámec problematiky fyzickej vrstvy.