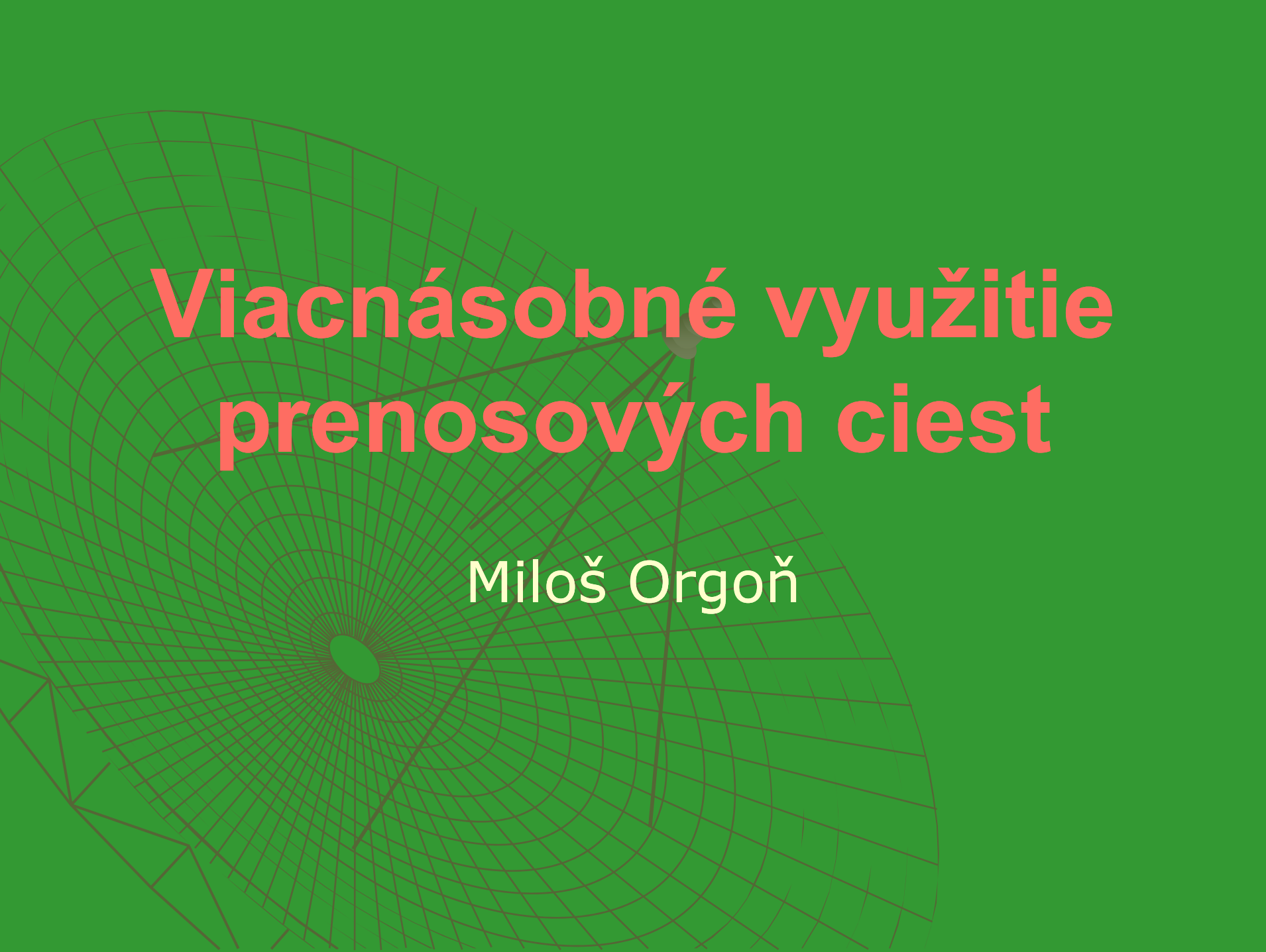




Viacnásobné využitie prenosových ciest

Miloš Orgoň

Viacnásobné využitie prenosových ciest

- ◆ Už pred stratou monopolného postavenia v oblasti telefonického styku bolo povinnosťou správcu telekomunikačnej siete, ako jediného prevádzkovateľa verejnej telefónnej siete, prispôbovať sieť technicky novým potrebám.
- ◆ Zákon č. 110/1964 Zb. stanovil povinnosti vtedajšej Ústrednej správy spojov pri správe jednotnej telekomunikačnej siete (JTS).
- ◆ V súčasnosti už rozlišujú pojmy **telekomunikačná sieť** a **verejná telekomunikačná sieť** (VTS) a vymedzujú sa práva a povinnosti Telekomunikačného úradu SR (TÚSR) pri výkone štátnej správy v oblasti telekomunikácií.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

K technickým požiadavkám na telekomunikácie patrí hlavne požiadavka prenosu stále väčších objemov dát. Jedným z prvých riešení tejto požiadavky bolo zavedenie **multiplexnej prevádzky** v telefónnych sieťach.

Základným princípom bolo využitie vtedajších prenosových trás, na ktorých sa dala telekomunikačná prevádzka rozšíriť pomocou tzv. **združených (fantómových) okruhov**.

K prvým úlohám nového prevádzkovateľa, **Slovak Telecom-u**, patrila taktiež úloha ponúknuť čo najväčšiu **prenosovú kapacitu**.

Súčasná technická možnosť ukazuje polozenie nového podmorského kábla medzi Európou a Áziou s prenosovou kapacitou 300 000 hovorových kanálov.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Vývoj technológií viacnásobného využitia a zvýšenia kapacít prenosových ciest má dva dôvody:

- ♦ náklady na budovanie nových káblových sietí sú vysoké (tvoria až polovicu nákladov na budovanie verejných telekomunikačných sietí),
- ♦ na rýchlo rastúcom trhu s telekomunikačnými službami je reakciou na veľké požiadavky ďalšia požiadavka prenosových kapacít. Nové služby ako internet, videokonferencie alebo nové mobilné rádiové siete potrebujú väčšie množstvo prenosových kanálov.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Spôsoby viacnásobného využívania prenosových ciest

Možnosti viacnásobného využitia prenosovej cesty budú demonštrované na dvoch technikách, ktoré sú už bežne používané:

- ♦ V oblasti telefónnych prípojok sa používa stále prípojok **ISDN**, ktoré umožňujú zriadiť na jednom dvojvodičovom vedení dva prenosové kanály pomocou prenosu v **časovo multiplexnom režime**.
- ♦ V oblasti diaľkových prenosov sú dnes realizované nové kontinentálne spoje na báze optických káblov, ktoré využívajú **vlnový multiplex** a sú schopné v tomto režime prenášať až 100 000 kanálov po jednom optickom vlákne.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Spôsoby viacnásobného využívania prenosových ciest

Ako je na uvedených príkladoch vidieť, tak v efektívnosti rôznych spôsobov viacnásobného využívania prenosových ciest môže byť veľký rozdiel. Rozhodujúci je pritom druh použitého **prenosového média** a druh multiplexnej techniky. Ku každému prenosovému médiu je vhodná iná multiplexná technika.

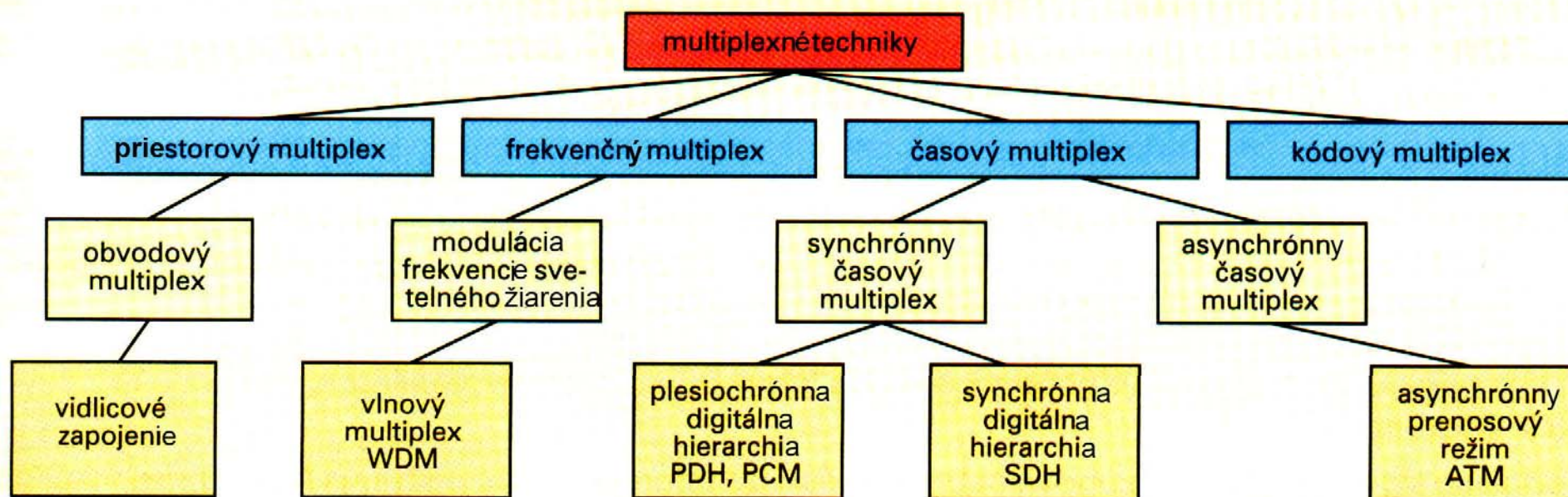
Okrem toho je možné dosiahnuť ďalšieho zefektívnenia metódami **kódovania v základnom frekvenčnom pásme**, ktoré umožňuje prenos s menšou požiadavkou na šírku pásma. Zatiaľ čo v systéme ISDN je na prenos hovoru k dispozícii prenosová kapacita 64 kbit/s, stačí pre moderne kódované signály podľa štandardu GSM pre mobilné telefóny pre porovnateľne kvalitný prenos iba 13 kbit/s.

Podobnú redukciu prenášaných objemov dát umožnili inteligentnejšie **kódovacie postupy** i v oblasti prenosov videosignálov.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Spôsoby viacnásobného využívania prenosových ciest

Efektívnosť prenosového systému závisí okrem efektívnosti multiplexného režimu taktiež na miere komprimácie dát pri kódovaní zdrojového signálu.



Obr. Multiplexné techniky (viacnásobné využitie vedení)

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Spôsoby viacnásobného využívania prenosových ciest

Najprv uvedieme spôsoby viacnásobného využitia metalických káblov (s medenými vodičmi). Vytvorenie viacerých prenosových kanálov na jednom spoločnom vedení umožňuje (obr. 1/193):

- ◆ **Obvodový multiplex:** nízkofrekvenčné okruhy využívajú vyvedených stredov prenosových transformátorov na vytvorenie združených (tzv. fantómových) okruhov.
- ◆ **Frekvenční multiplex FDM:** frekvenčné delenie využíva širšie pásmo na prenosy prostredníctvom niekoľkých nosných frekvencií.
- ◆ **Vlnový multiplex WDM:** frekvenčné resp. vlnové delenie využíva široké pásmo optických káblov na prenosy na mnohých nosných žiareníach rôznych vlnových dĺžok.
- ◆ **Časový multiplex TDM:** delení prenosu do krátkych časových úsekov a periodické prekládanie týchto úsekov z niekoľkých kanálov (systémy PCM, PDM, SDH, ATM vid' obr. 1/193).

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Spôsoby viacnásobného využívania prenosových ciest

Príklady multiplexných metód

V minulosti hrali významnú rolu obvodové multiplexné metódy.

Dvojvodičová analógová prípojka bývala využívaná od začiatku k duplexnej prevádzke, teda k súčasnému prenosu hovorov v oboch smeroch. Eliminácia posuchu vlastného hovoru vo vlastnom slúchadle bola zaistená tzv. **vidlicovým zapojením** mikrofónu a reproduktora v telefónnom slúchadle) s vyvedenými stredmi prenosových transformátorov.

Ďalším zariadením tohto typu bol prepojovač **podvojnej prípojky**, ktorý umožňoval pripojenie dvoch účastníkov k telefónnej ústredni pomocou jednej telefónnej prípojky (avšak bez možnosti súčasného hovoru). Išlo o reléové zariadenie používané v analógovej telefónnej sieti.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Príklady multiplexných metód

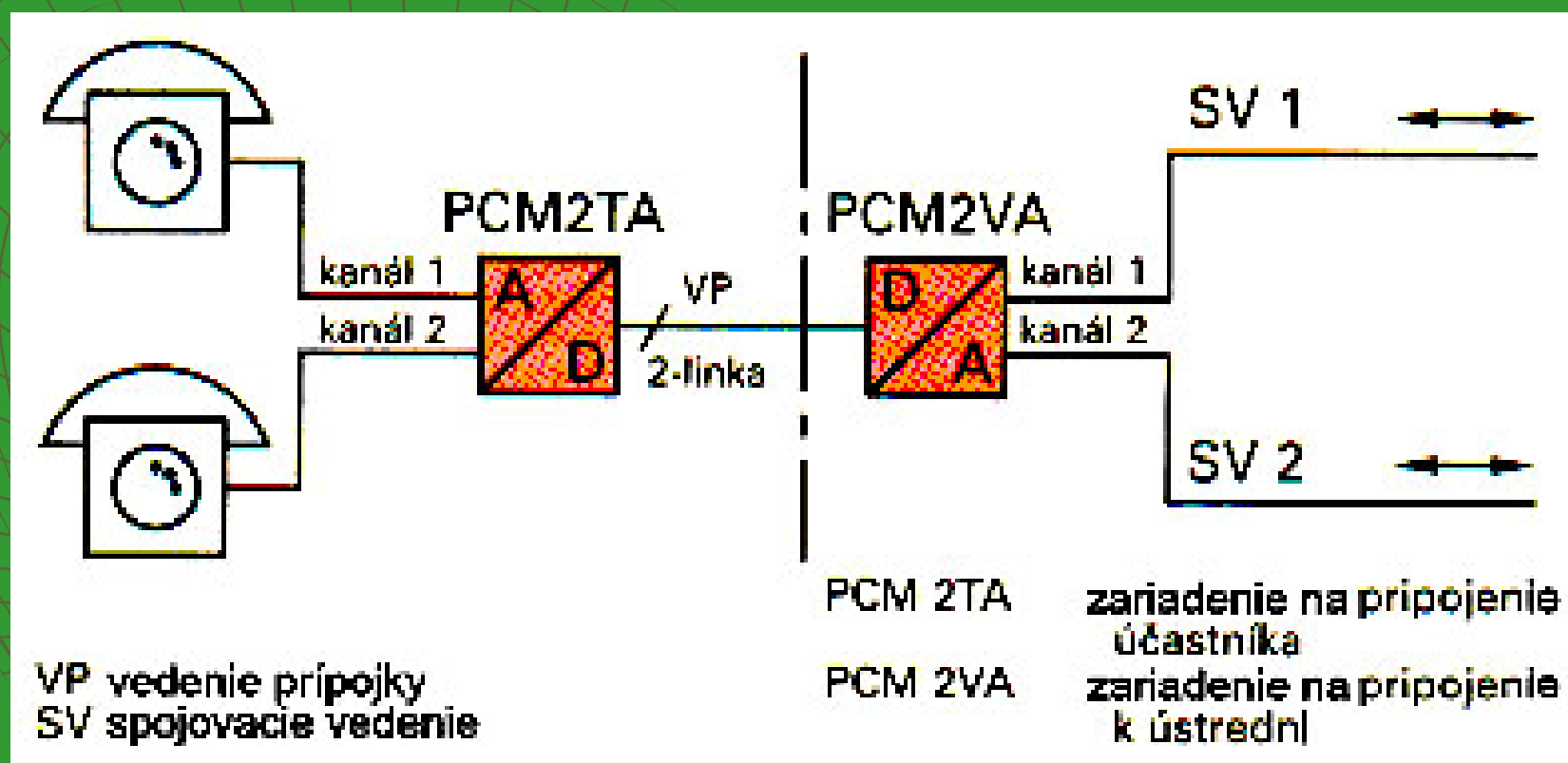
V minulosti hrali významnú rolu obvodové multiplexné metódy.

Dvojvodičová analógová prípojka bývala využívaná od začiatku k duplexnej prevádzke, teda k súčasnému prenosu hovorov v oboch smeroch. Eliminácia posluchu vlastného hovoru vo vlastnom slúchadle bola zaistená tzv. **vidlicovým zapojením** mikrofónu a reproduktora v telefónnom slúchadle) s vyvedenými stredmi prenosových transformátorov.

Ďalším zariadením tohto typu bol prepojovač **podvojnej prípojky**, ktorý umožňoval pripojenie dvoch účastníkov k telefónnej ústredni pomocou jednej telefónnej prípojky (avšak bez možnosti súčasného hovoru). Išlo o reléové zariadenie používané v analógovej telefónnej sieti.

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Príklady multiplexných metód

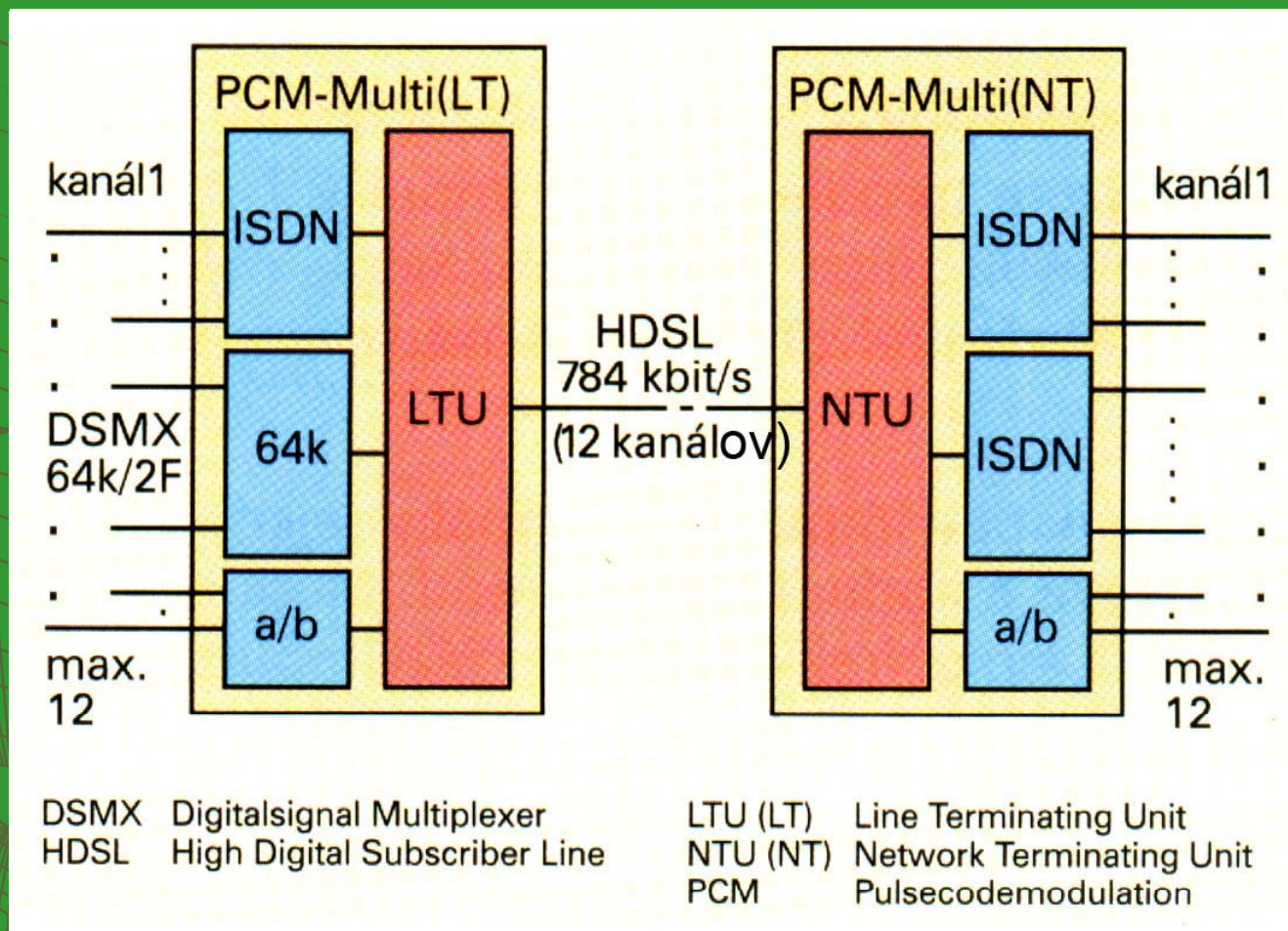


Obr. 3 Podvojná prípojka PCM v digitálnej sieti

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Príklady multiplexných metód

Obr. 4
Multiplexné
prípojky PCM

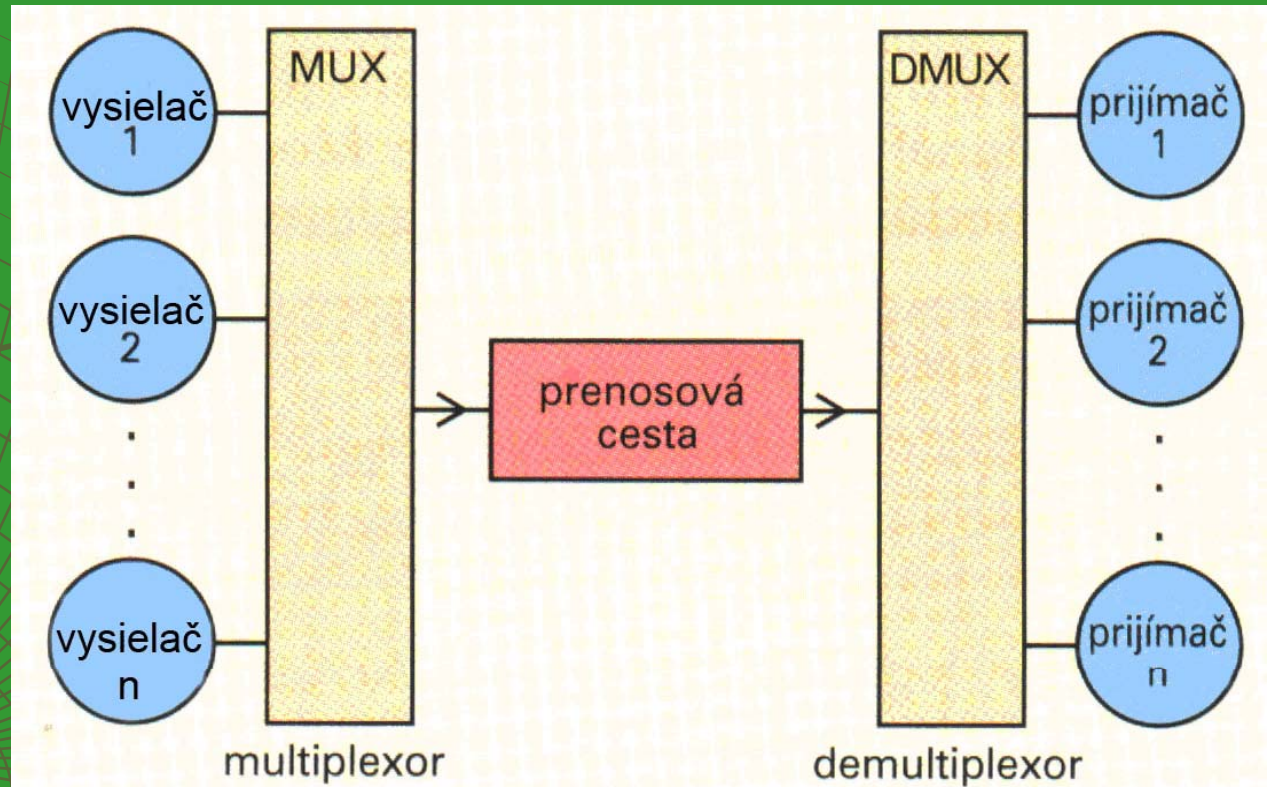


V digitálnej telefónnej sieti (obr. 3, 4) je obvodový multiplex používaný len na úrovni analógového signálu v samotnom telefónnom prístroji, ale telefónna prípojka je využívaná ako viackanálový spoj na princípe časového multiplexu (obr. 2).

Viacnásobné využitie prenosových ciest

Príklady multiplexných metód

Obr. 2 Model multiplexného systému



Zariadenia PCM2 prevádzajú analógové signály oboch telefónov na digitálne signály prostredníctvom **pulznej (impulznej) kódovej modulácie PCM** a prenášajú tieto dáta súčasne v oboch smeroch po digitálnej prípojke (VP na obr. 3). V úplne digitalizovanej sieti potom odpadávajú analógovo-digitálne prevody.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Prehľad modulačných metód

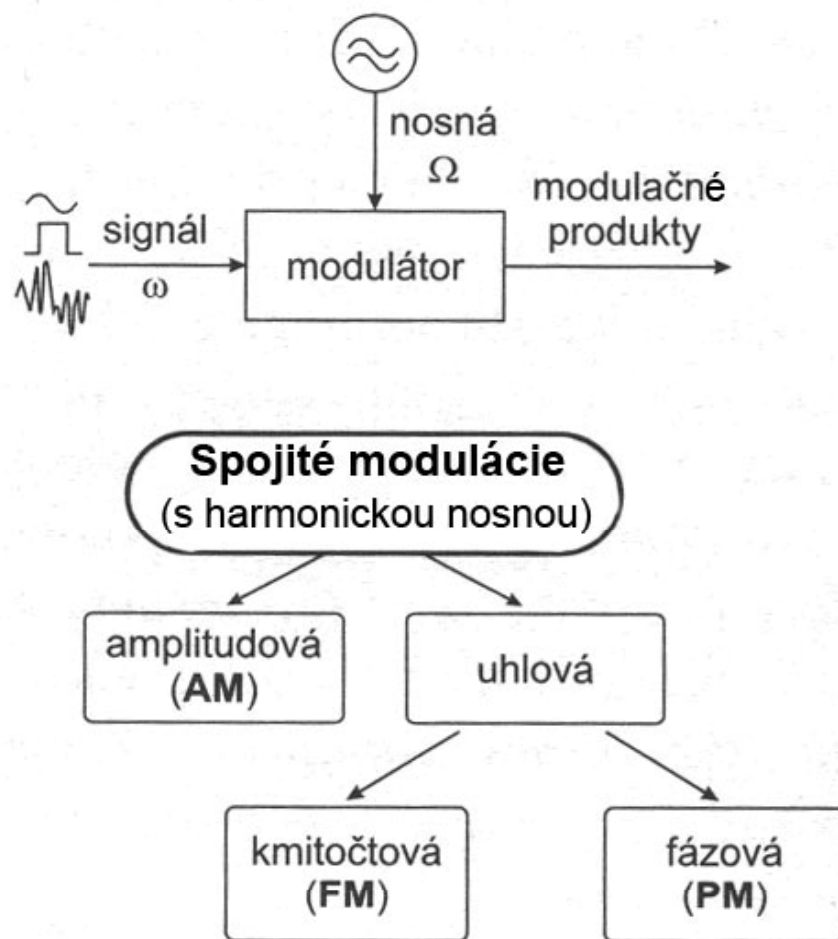
Z fyzikálneho hľadiska nie je medzi moduláciou a demoduláciou rozdiel. Najčastejšie ide o súčasné pôsobenie minimálne dvoch elektrických priebehov na prvok či obvod s obecnou nelineárnou charakteristikou.

Pritom prvý z týchto priebehov, ktorý vyjadruje pôvodnú informáciu, určenú k prenosu, nazývame *modulačným signálom*.

Tento signál môže mať obecnou analógovú alebo diskretnú charakteristiku. Ak je druhým priebehom harmonický signál, nazývame ho ***nosnou vlnou*** a hovoríme o ***spojitej*** alebo ***analógovej modulácii***. Ak však druhý priebeh má charakter postupnosti impulzov, nazývame ho najčastejšie ***taktovacím signálom*** a ide o ***impulznú moduláciu***.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Prehľad modulačných metód



Obr. Prehľad druhov analógovej modulácie

Základná klasifikácia analógových modulácií je zobrazená na obr. Pri modulácii harmonickej nosnej sa teda na jeden vstup modulátoru privádza napätie sínusového priebehu (nosná) a na druhý vstup napätie ľubovoľného priebehu (signál).

Vzájomným pôsobením týchto napätí v modulátore vzniknú **modulačné produkty**, ktoré sa objavia na výstupe modulátora.

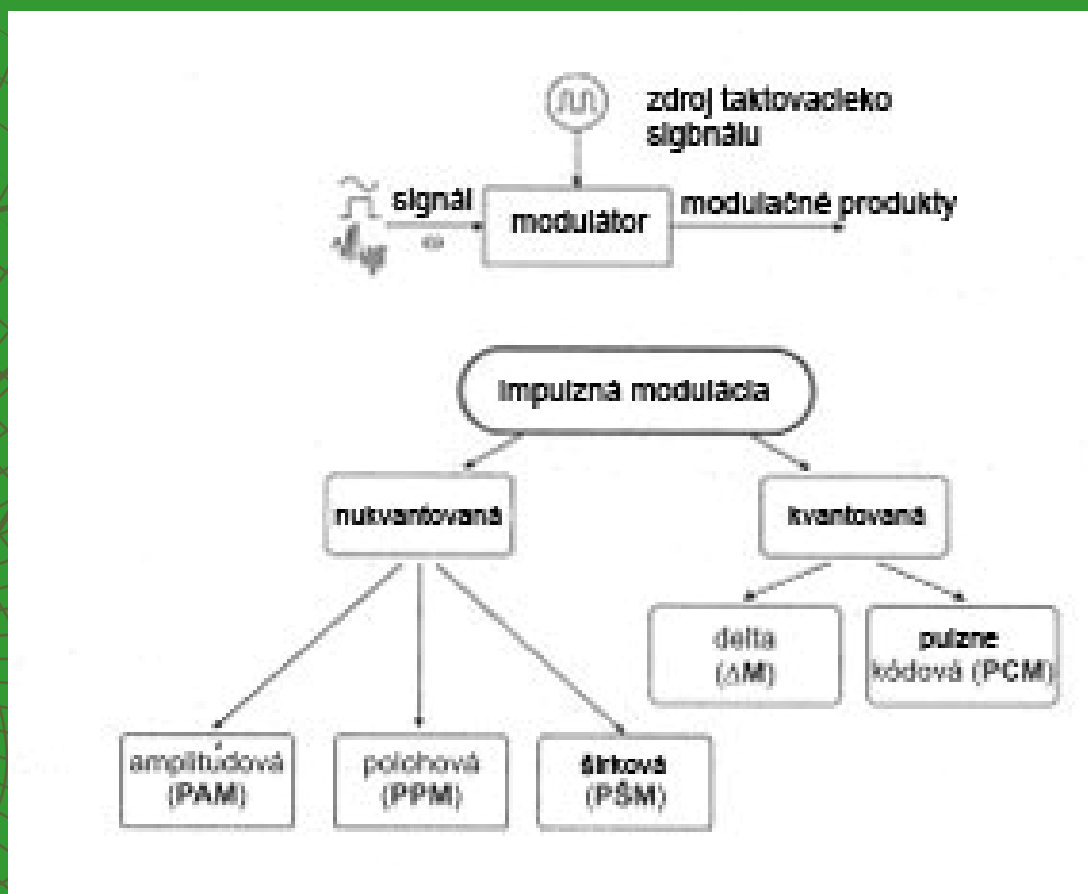
Základy prenosu telekomunikačných signálov

Prehľad modulačných metód

Napätie nosnej vlny je možné vyjadriť vzťahom:

$$U_N = \dots\dots\dots$$

kde U_{MN} je amplitúda nosnej vlny, Ω je kruhový kmitočet nosnej vlny ($\Omega=2\pi F$), pričom F je kmitočet nosnej vlny) a φ je počiatočný fázový posuv nosnej vlny.



Obr. Prehľad druhov impulznej modulácie

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Prehľad modulačných metód

Modulačným signálom môžeme ovplyvňovať jednak amplitúdu nosnej vlny, tým dochádza k **amplitúdovej modulácii**, ktorá vedie pri viacnásobnom využití prenosovej cesty k tzv. **kmitočtovému triedeniu kanála** (tiež **frekvenčný multiplex**), a jednak uhol natočenia vektora napätia nosnej vlny, kedy hovoríme o **uhlových moduláciách**. Principiálne môžeme pôsobiť na kmitočet nosnej vlny, čím vzniká **kmitočtová modulácia**, či na počiatočný fázový posuv nosnej vlny, čím dochádza k **fázovej modulácii**.

Základná klasifikácia impulzných modulácií je zobrazená na predošlom obr. **Nekvantované impulzné modulácie** sú založené predovšetkým na tzv. **metóde vzorkovania signálu** a modulačné produkty sú vyjadrené zmenami určitého parametra signálovej vzorky (amplitúdou, vzťažnou polohou alebo šírkou). **Kvantované impulzné modulácie** používajú navyše tzv. **metódu kvantovania signálu**. Impulzné modulácie vedú k viacnásobnému využitiu prenosovej cesty metódou tzv. **časového triedenia kanála** (tiež **časový multiplex**).

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Impulzná modulácia

Impulzné metódy modulácie a demodulácie, ktoré sa stali základom pre digitálny prenos, sú založené na princípe odoberania vzorku z pôvodného spojitého alebo číslicového signálu. Odber týchto vzoriek sa pravidelne opakuje po určitých časových intervaloch T_{vz} .

Dĺžka týchto intervalov sa musí voliť tak, aby odoberané vzorky dostatočne vystihovali charakter pôvodného signálu. Na základe tejto požiadavky sa hustota odoberaných vzoriek určuje podľa tzv. Shannon-Kotelnikovovho teorému, ktorý je možno vyjadriť vzťahom:

$$T_{vz} \geq \dots\dots\dots [s]$$

kde T_{vz} je interval medzi dvoma vzorkami, t. j. prevrátená hodnota vzorkovacej (opakovacej) frekvencie f_{vz} , f_{max} je maximálna frekvencia signálu, alebo inak povedané - pre signál s maximálnou frekvenciou f_{max} je nutné odobrať za dobu jeho periódy aspoň dve vzorky.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Impulzná modulácia

Týmto spôsobom je možné analógový signál vyjadriť ako postupnosť vzoriek, a teda premeniť ho na nespojitý (diskrétny) signál. Amplitúda každej vzorky má však stále analógový charakter (môže nadobúdať nekonečné množstvo hodnôt). Tieto impulzné modulácie sa označujú ako **nekvantované impulzné modulácie**.

Rušivé napätia v prenosovom kanále spôsobujú však u takto modulovaných signálov skreslenia, ktoré obmedzujú vernosť prenosu podobne ako u analógových typov modulácie. Preto sa v súčasnej dobe na prenos spojitých signálov omnoho častejšie používa číslicových (digitálnych) signálov, ktoré nadobúdajú iba konečný počet hodnôt.

Počet prvkov signálu je zvolený podľa požiadavky na prípustné skreslenie (vernosť) prenášaného signálu pri predpokladanej priemernej hladine rušivých napätí v prenosovom kanále.

Postup, kedy sa nekonečnej množine prvkov signálu priraduje konečný počet prvkov signálu (napr. kódových skupín), sa nazýva **kvantovanie** a príslušné modulačné metódy potom nazývame **kvantované impulzné modulácie**.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Impulzná modulácia

Vzorkovaním, kvantovaním a kódovaním sa dosiahne to, že spojitý signál takzvané **digitalizujeme**, čo znamená, že pôvodne analógový signál prenášame pomocou číslicového signálu (prevedieme A/D prevodníkom), ktorý na prijímacej strane naspäť prevedieme na spojitý signál (D/A prevodník). Vplyvom kvantovania však dôjde k určitému skresleniu pôvodného signálu, ktoré už nie je možné na prijímacej strane odstrániť.

Premena spojitého signálu na číslicový signál umožňuje prenášať spojité signály rovnako ako číslicové správy číslicovým prenosovým kanálom. Preto sa číslicové prenosové kanály postupne stávajú univerzálnymi kanálmi na prenos ľubovoľného typu signálu.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Nekvantované impulzné modulácie

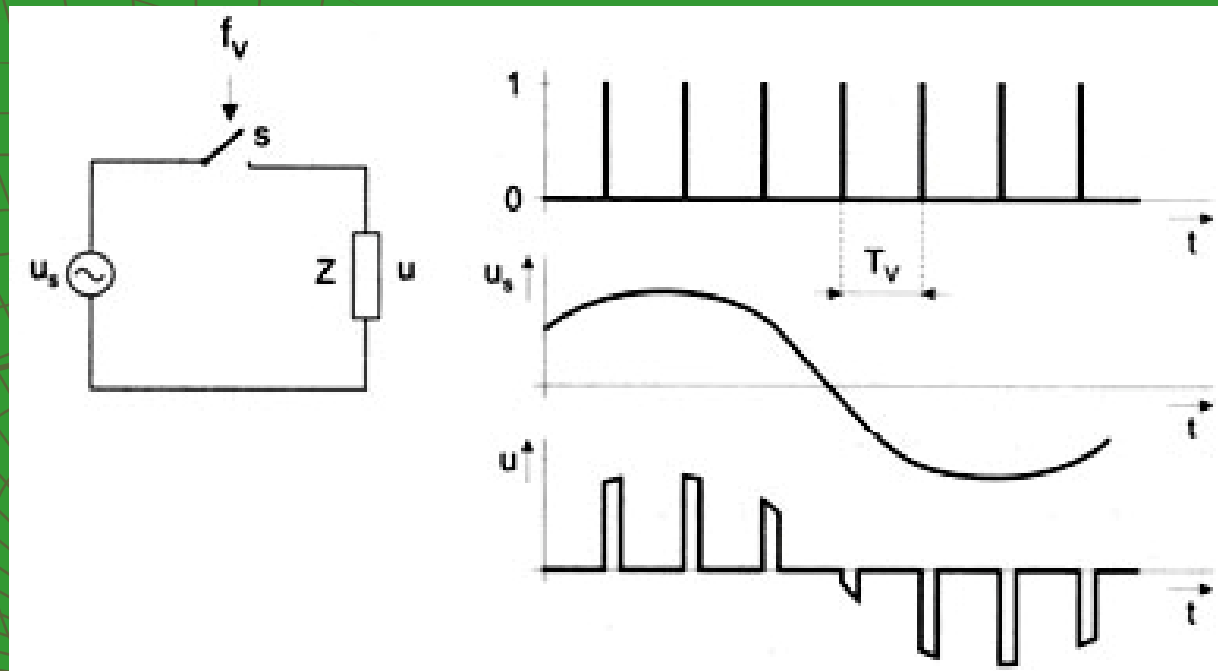
Pri *amplitúdovej impulznej modulácii (PAM - pulzne amplitúdová modulácia)* dochádza vlastne iba k procesu odoberania vzoriek z pôvodného analógového signálu. Z technického hľadiska musí snímanie vzorky trvať určitú, i keď krátku dobu.

Vzorka potom predstavuje priebeh signálu počas tejto doby. Princíp modulácie a príslušné časové priebehy sú uvedené na nasledovnom obr.

Signálové napätie harmonického priebehu u_s je spínačom s pripojované s periódou T_{vz} k výstupnej záťaži Z , z ktorej je potom odoberaný modulačný produkt.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Nekvantované impulzné modulácie



Obr. Princíp impulznej amplitúdovej modulácie

Princíp demodulácie signálu PAM je založený na priechode tohto signálu dolnou priepustťou, ktorá má šírku pásma zhodnú s šírkou pásma pôvodného signálu.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Nekvantované impulzné modulácie

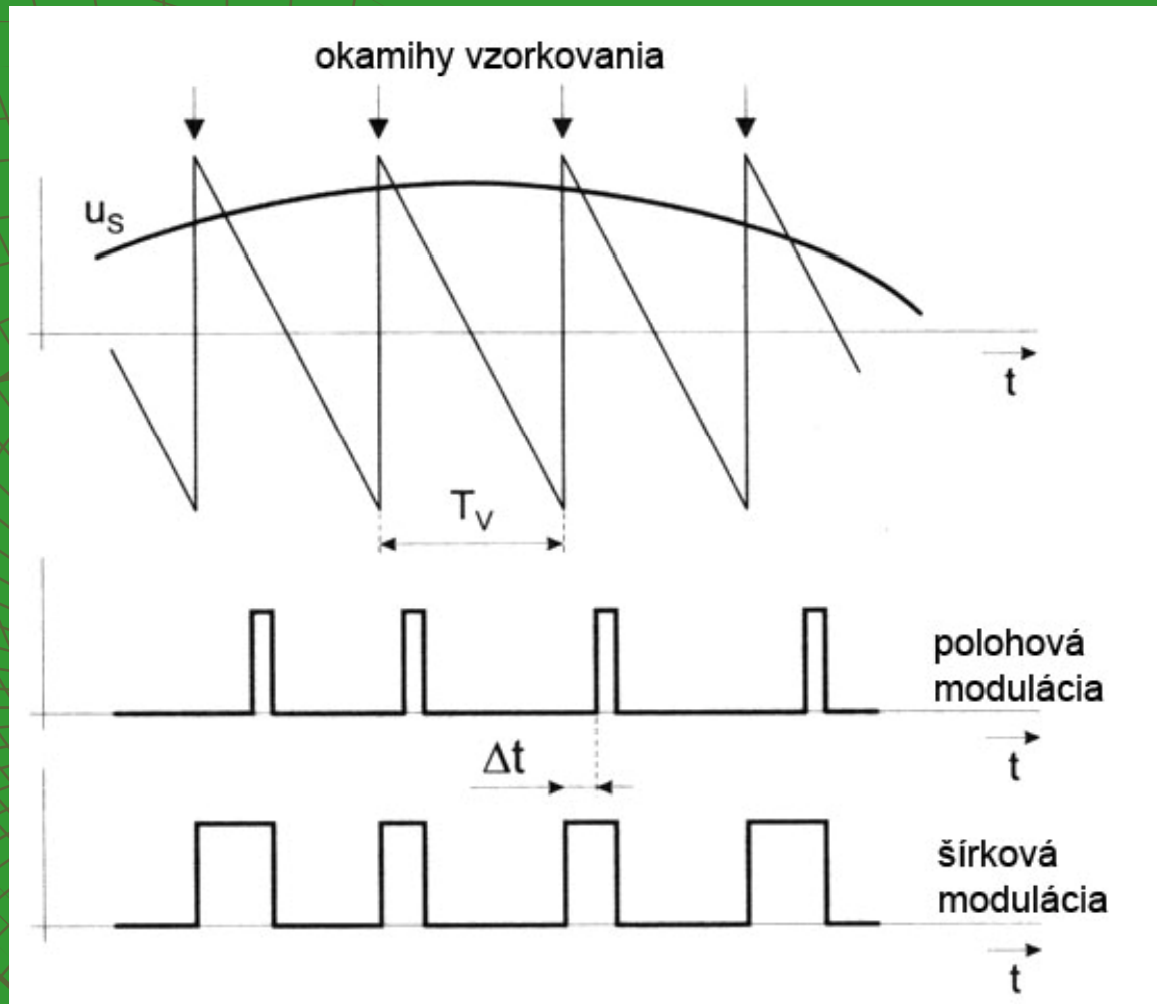
V prípade **polohovej impulznej modulácie (PPM)** sa veľkosťou okamžitej hodnoty signálu neovplyvňuje amplitúda impulzu, ale ich posun vzhľadom k okamihu vzorkovania signálu. Impulznú polohovú moduláciu je možné principiálne realizovať napr. porovnávaním amplitúdy signálu s amplitúdami pílovitých priebehov, ktorých začiatok je zhodný s okamihom periodického vzorkovania signálu. Priesečník napätia pílovitého priebehu s priebehom napätia signálu určuje veľkosť posunu od základnej polohy pre každú odoberanú vzorku. Tento princíp je názorne ukázaný na obr.

Demoduláciu polohovo modulovaných signálov je možné uskutočniť napr. pomocou superpozície s napätím pílovitého priebehu (prevedenie na amplitúdovú impulznú moduláciu) a následnou demoduláciou predtým popísaným princípom.

Pri **šírkovej impulznej modulácii (PŠM)** sa v závislosti na amplitúde signálu ovplyvňuje šírka impulzu, ako je tiež ukázané na spomínanom obr. Demodulácia je založená na rovnakom princípe ako je to v prípade impulznej amplitúdovej modulácie, t. j. na priechode modulovaného signálu priepustou o šírke pásma pôvodného signálu.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Nekvantované impulzné modulácie



Obr. Princíp polohovej a šírkovej impulznej modulácie

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Kvantované impulzné modulácie

Najznámejšími druhmi tejto modulácie, vhodnej na realizáciu číslicových kanálov, sú delta modulácia ΔM (niekedy DM) a pulzne kódová modulácia (PCM).

Pri použití **delta modulácie** sa neprenáša informácia o okamžitej hodnote prenášaného signálu, ale informácia o zmenách tejto hodnoty voči hodnote v predchádzajúcom vzorkovacom okamihu. Informácia o tejto zmene sa však vyjadruje digitálne. Princíp je uvedený na nasledovnom obr. .

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Kvantované impulzné modulácie

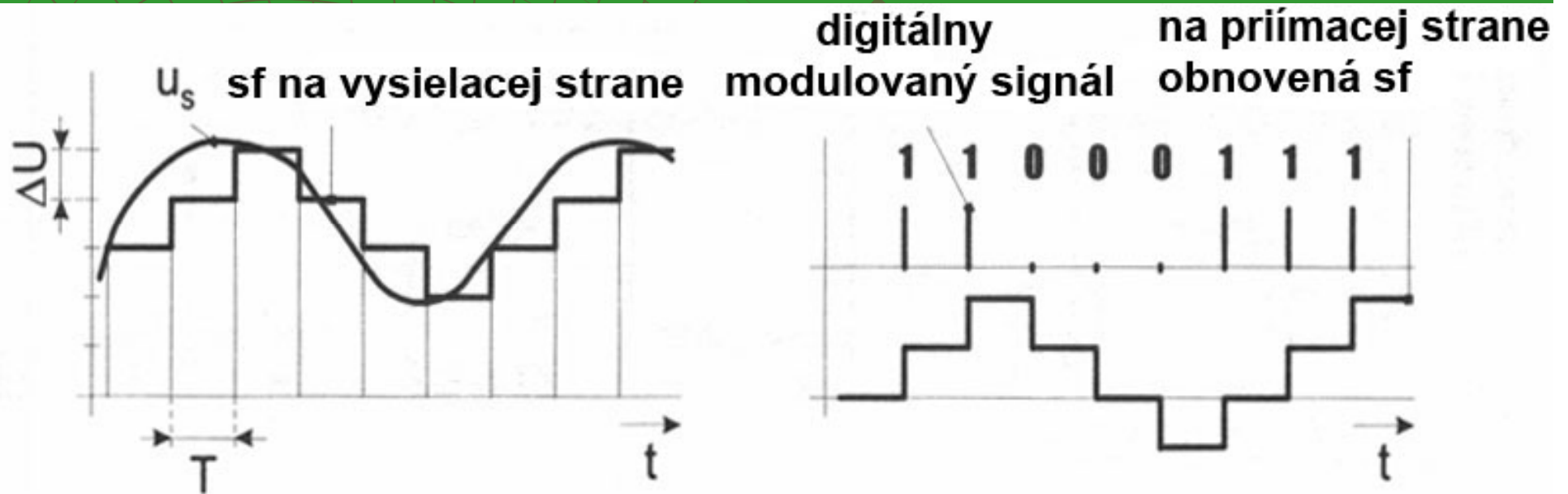
Priebeh signálu u_s je porovnávaný so stupňovou „sledovacou“ funkciou s_f , ktorá je vytváraná vhodnou aproximáciou pôvodnej signálovej funkcie. Porovnávanie hodnôt oboch funkcií prebieha v okamihoch odoberania vzoriek. Pokiaľ amplitúda signálu u_s je v danom okamihu väčšia ako amplitúda „sledovacej“ funkcie s_f , potom napätie sledovacej funkcie stúpne o konštantné malé napätie ΔU (z toho bol odvodený názov tejto modulácie) a na výstupe modulátora sa to prejaví ako vyslanie logického stavu „1“.

Ak je naopak amplitúda signálu vo vzorkovacom okamihu menšia ako hladina sledovacej funkcie, dôjde k vyslaniu logického stavu „0“. Na základe tohto dvojkového kódu je možné na prijímacej strane obnoviť priebeh sledovacej funkcie a nahradiť tak s istou presnosťou pôvodný priebeh signálu u_s .

Presnosť závisí na veľkosti kvantizačného kroku ΔU . Pre kvalitný prenos musí byť však vzorkovacia perióda T_{vz} značne kratšia ako perióda vyplývajúca zo vzorkovacieho teorému. V praxi sa používajú i ďalšie odvodené typy, ako napr. **adaptívna delta modulácia (ADM)**.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Kvantované impulzné modulácie



Obr. Princíp delta modulácie

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Kvantované impulzné modulácie

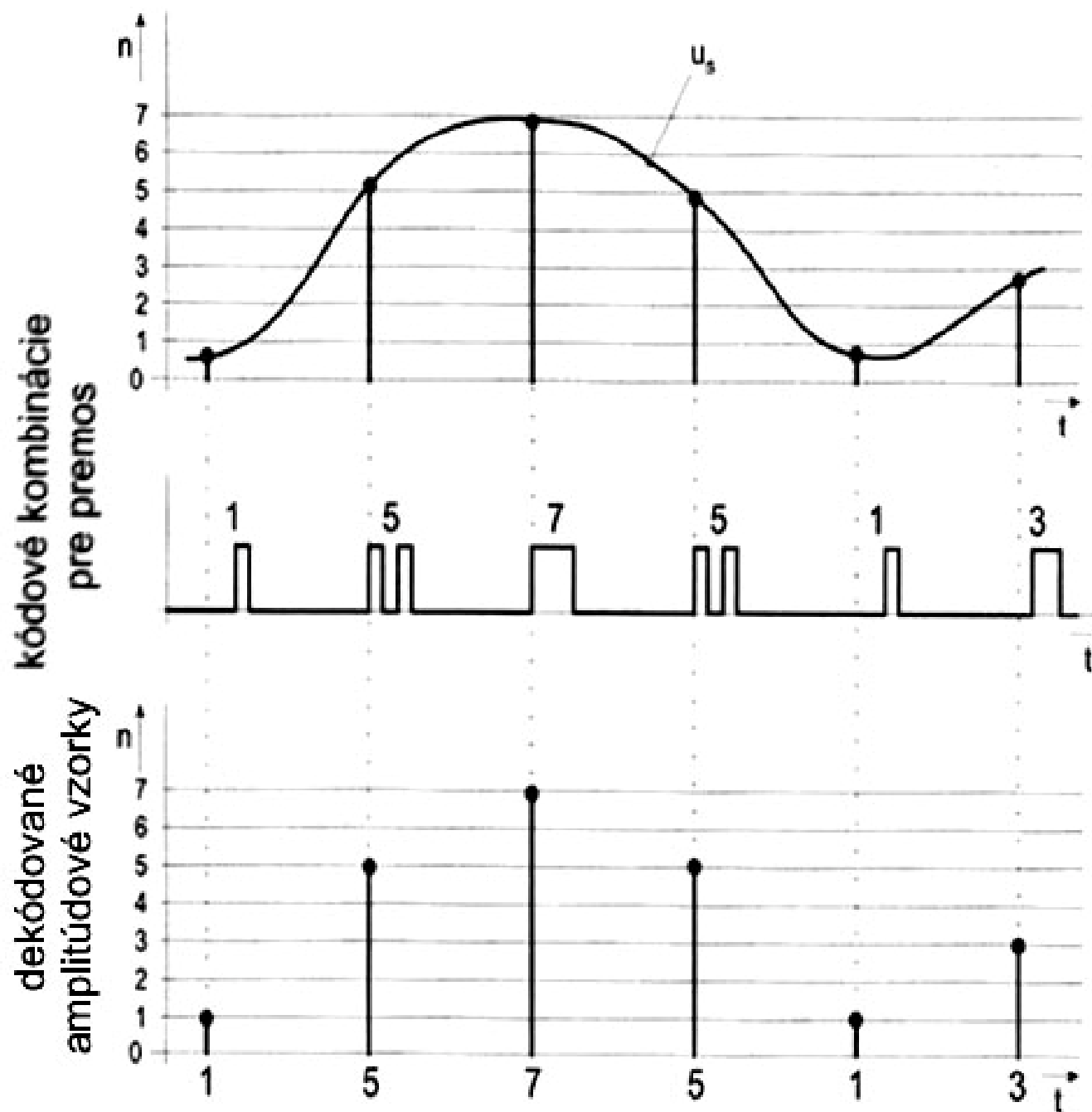
Podstatou *pulzne kódovej modulácie* sú tri základné operácie - vzorkovanie, kvantovanie a kódovanie. Základný princíp PCM modulácie môžeme vysledovať z obr. 2.6. Signálový priebeh u_s je vzorkovaný obdobne ako pri impulznej amplitúdovej modulácii.

Okamžité hodnoty jednotlivých vzoriek sú potom priradené k určitej **kvantizačnej úrovni n** (na obrázku je znázornených

.....
Každéj úrovni je potom priradená určitá **kódová kombinácia** (na obrázku je 8 kombinácií v rámci troch kódových miest), ktoré predstavuje výstupný produkt tejto modulácie určený na prenos kanálom.

V dôsledku nedokonalostí prenosových kanálov i prítomnosti rušivých napätí dochádza však ku skresleniu tohto digitálneho signálu. Preto je nutné tento signál na prijímacej strane najprv **obnoviť (regenerovať)** a až potom **dekódovať**.

Presnosť okamžitých hodnôt jednotlivých vzoriek opäť závisí na kvantizačnom kroku (rozdielu amplitúd v intervale jedinej kvantizačnej úrovne). Okamžité hodnoty jednotlivých vzoriek sa potom **demodulujú** podobne ako pri amplitúdovej impulznej modulácii (PAM).



Obr. Princíp PCM modulácie a demodulácie

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Kvantované impulzné modulácie

Hlavnou nevýhodou PCM modulácie je relatívne veľká šírka potrebného frekvenčného pásma. Výhodou však je odolnosť proti rušivým napätím, ak nepresiahnu určitú hodnotu. PCM modulácia sa často používa v spojení s metódou viacnásobného prenosu signálu pomocou časového multiplexu.

Modulácia signálu je teda jeho analógová alebo diskretná transformácia na signál iných vlastností, napr. na signál vhodný na prenos, ktorá zachováva informačný obsah. Poznáme **analógové modulácie** a **diskrétne modulácie**.

Pre potreby multiplexného prenosu je potrebné súbežne prenášané signály previesť prostredníctvom modulácie na signály, ktoré je možné ľahko súbežne prenášať bez toho, aby sa tieto signály vzájomne rušili. Jednou z možností modulácie je modulovať signálom nesúcim informáciu - tzv. **nosnou vlnu**, t.j. nosný signál vhodný na prenos.

Modulácia nosnej vlny musí byť taká, aby bolo možné po prenose získať demoduláciou naspäť pôvodný informačný (modulačný) signál.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Kvantované impulzné modulácie

Nosnú vlnu tvorí:

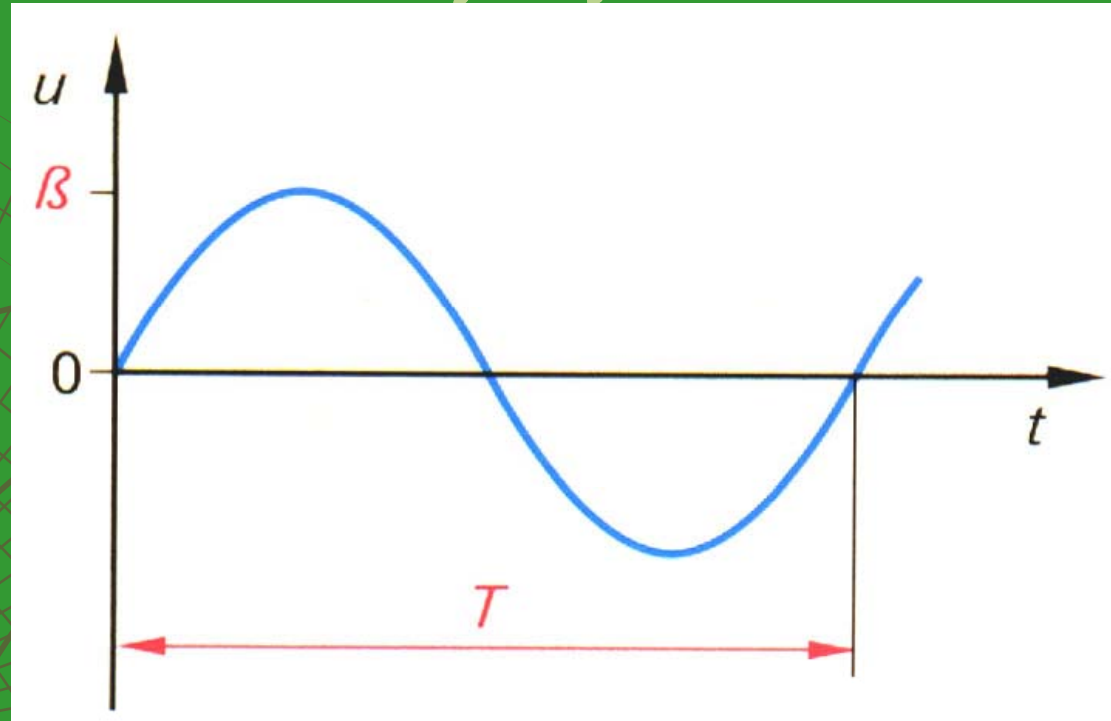
- ♦ pri frekvenčnej modulácii pre frekvenčný multiplex striedavý sínusový signál,
- ♦ pri pulznú (impulznú) moduláciu pre časový multiplex jednonosmerný pulzný (impulzný) periodický signál.

Nesínusový signál je označovaný ako pulzný len vtedy, ak je periodický, t.j. je postupnosťou pravidelne sa opakujúcich rovnakých pulzov (napätových priebehov).

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie nosnej vlny

Obr. Parametre
sínusového signálu



Existuje niekoľko možností, ako modulovať (pozmeňovať) sínusovou nosnou vlnu. Druh modulácie nesie vždy názov, ktorý označuje pozmeňovaný parameter nosného sínusového signálu (obr.). Sínusový signál má tieto parametre:

- ♦ amplitúda u (maximálna veľkosť napätia),
- ♦ frekvencia (kmitočet) f , $f = \dots\dots\dots$, kde T je perióda jedného kmitu,
- ♦ fáza, t.j. poloha (napr. maxím) na časovej osi.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie nosnej vlny

Existuje niekoľko možností, ako modulovať (pozmeňovať) sínusovou nosnou vlnu. Druh modulácie nesie vždy názov, ktorý označuje pozmeňovaný parameter nosného sínusového signálu (obr.). Sínusový signál má tieto parametre:

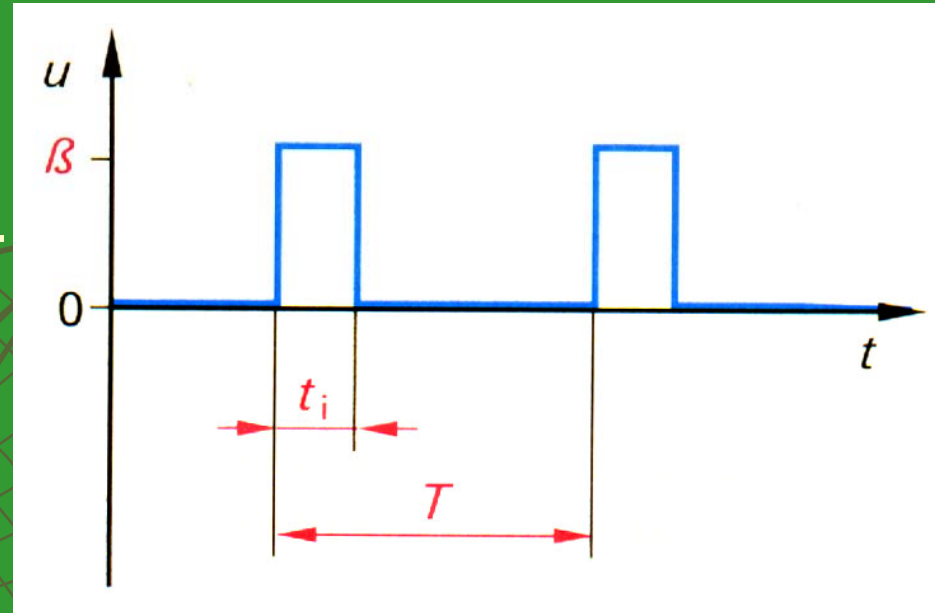
- amplitúda u (maximálna veľkosť napätia),
- frekvencia (kmitočet) f , $f = \frac{1}{T}$, kde T je perióda jedného kmitu,
- fáza, t.j. poloha (napr. maxím) na časovej osi.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie nosnej vlny

Obr. Parametre impulzného signálu

Napätie sínusového signálu sa mení v čase plynulo (nie skokom). Impulzný signál, napríklad jednosmerný obdĺžnikový (obr.) má tieto parametre:



- ♦ **šírka impulzu** (trvania impulzu) t_i ,
- ♦ **medzera medzi impulzmi**, kde T je perióda signálu,
- ♦ **strieda** (relatívna šírka impulzu) $q = \dots\dots\dots$

Zmeny napätia impulzného signálu nie sú plynulé ale skokové, t.j. časovo a hodnotovo diskkrétne. Moduláciou je možné meniť veľkosť (napätia), šírku, frekvenciu alebo fázu impulzu.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie nosnej vlny

Príklady porovnateľných modulácií:

Modulácia sínusovej nosnej vlny

- ◆ amplitúdová modulácia (AM)
- ◆ frekvenčná modulácia (FM)

Pulzná modulácia

- ◆ pulzná amplitúdová modulácia (PAM)
- ◆ pulzná frekvenčná modulácia: (PFM)

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie sínusovej nosnej vlny (analogové modulácie) vo fázorovom vyjadrení

Na moduláciu sínusovej nosnej vlny sa väčšinou používa amplitúdová alebo frekvenčná modulácia, ktoré majú uplatnenie i pri prenose informácií.

Amplitúdová modulácia (AM)

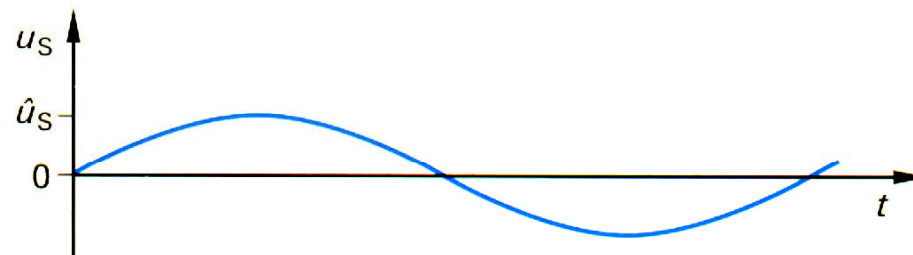
Amplitúda nosnej vlny (nosného signálu) je menená v závislosti na **amplitúde** informačného **signálu**(obr.). Veľkosť zmeny amplitúdy nosnej vlny

.....
sa nazýva **hĺbka modulácie** a vyjadruje sa v %. Amplitúda modulovanej nosnej vlny teda kolíše o (úmerné)
okolo základnej hodnoty..... :

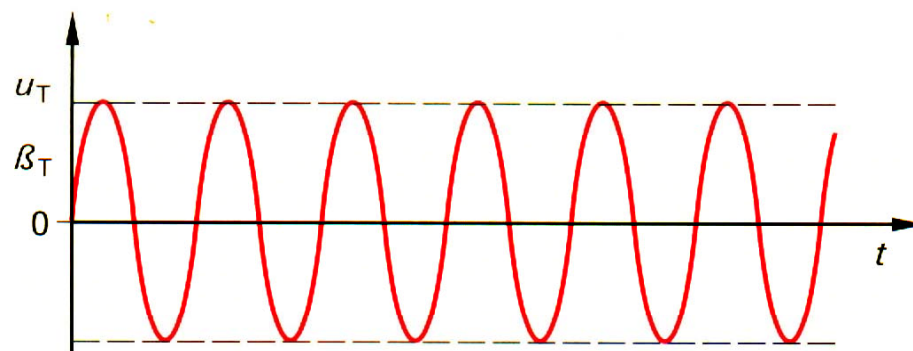
- ◆ amplitúdový zdvih = amplitúda informačného signálu

**Obr. Amplitúdová modulácia,
priebehy signálu**

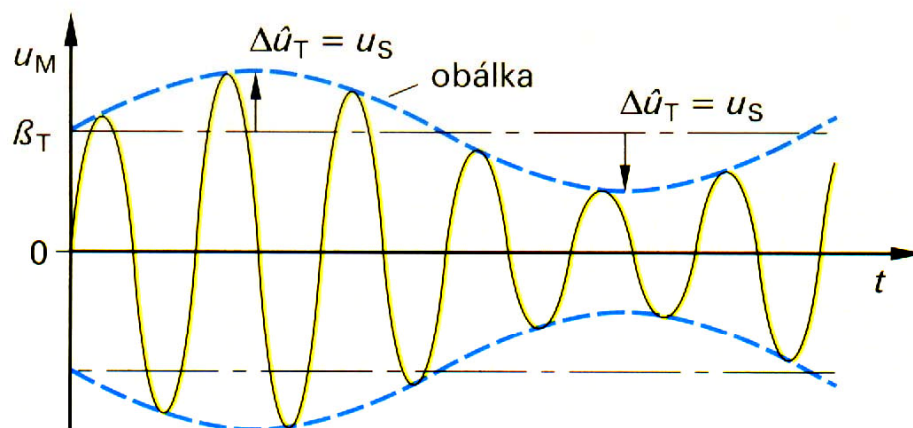
**Pri amplitúdovej
modulácii zodpovedá
obálka (obalová krivka)
modulovanej nosnej
vlny svojím tvarom
modulačnému (infor-
mačnému) signálu.**



a) informačný signál



b) nosná vlna



c) modulovaná vlna

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie sínusovej nosnej vlny (analógové modulácie) vo fázorovom vyjadrení

Pomer medzi amplitúdou $\hat{u}_s$ a modulačným amplitúdovým zdvihom $\Delta\hat{u}_T$ závisí na typu modulátora. Pri priamom zmiešavaní oboch signálov je

$$\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

a pre hĺbku modulácie potom platí:

$$\dots\dots\dots$$

Pokiaľ prekročí hĺbka modulácie hodnotu 1 (100 %) dôjde ku skresleniu obálky. Veľkú hĺbku modulácie (80%) používajú z výkonových dôvodov rozhlasové vysielacie. V oznamovacej technike sa používa AM s hĺbkou modulácie okolo 30 %.

Modulačný zdvih by nemal prekročiť amplitúdu nosnej vlny, aby nedošlo ku skresleniu obálky nesúcej informáciu modulačného signálu.

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie sínusovej nosnej vlny (analógové modulácie) vo fázorovom vyjadrení

Postranné pásma

Frekvencia modulovanej nosnej vlny zodpovedá na prvý pohľad stále frekvencii nemodulovanej nosnej vlny. Modulovaná nosná vlna však už nie je sínusová a ako každý spojitý nesínusový priebeh sa dá na sínusové signály (frekvencie) rozložiť tak, že súčet okamžitých hodnôt harmonických (sínusových) zložiek dá v každom okamihu hodnotu modulovanej nosnej vlny.

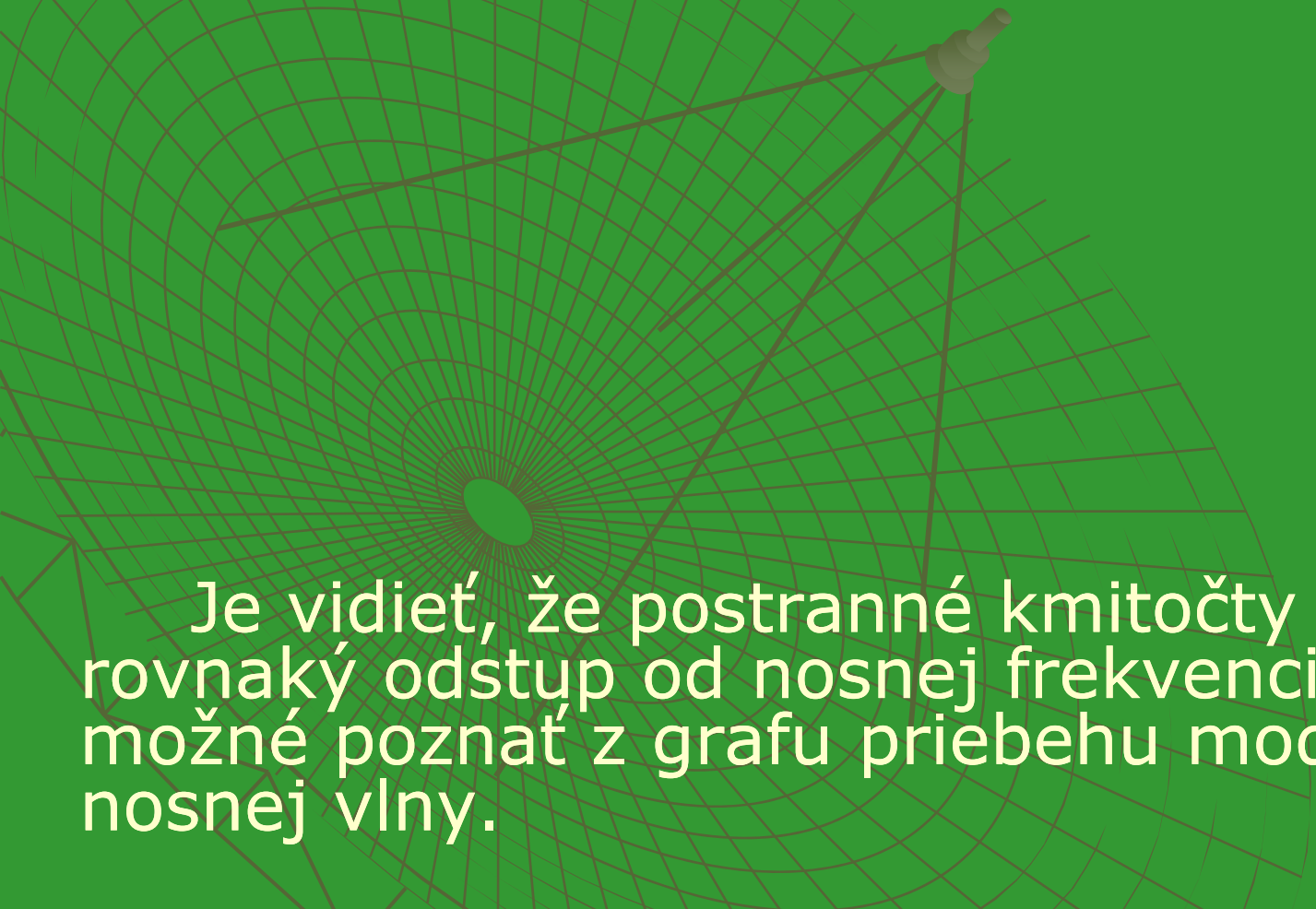
Pri amplitúdovej modulácii sínusovej nosnej vlny sínusovým signálom (nižšej frekvencie) f_s vznikne signál zložený z nosnej vlny s frekvenciou f_T a z dvoch postranných frekvencií f_o a f_u , odlišujúcich sa od nosnej frekvencie o hodnotu f_s :

- ♦ horný postranný kmitočet $f_o = \dots\dots\dots$
- ♦ dolný postranný kmitočet $f_u = \dots\dots\dots$

Základy prenosu telekomunikačných signálov

Druhy modulácie sínusovej nosnej vlny (analógové modulácie) vo fázorovom vyjadrení

Príklad: amplitúdová modulácia



Je vidieť, že postranné kmitočty majú vždy rovnaký odstup od nosnej frekvencie, čo nie je možné poznať z grafu priebehu modulovanej nosnej vlny.