

Modulácie

- **BASIC**

- činnosť, pri ktorej modulačný signál ovplyvňuje nosný signál
- modulačný signál nesie informáciu

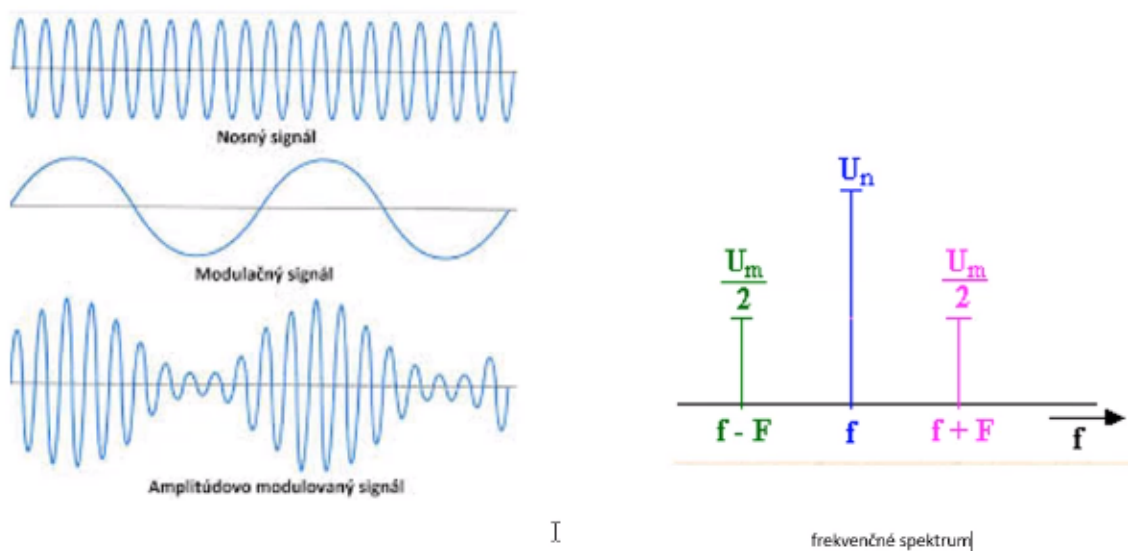
- **rozdelenie:**

- analógové:
 - modulačný a nosný signál sú spojité (majú tvar sinusoidy)
 - nosný signál má vyššiu frekvenciu ako modulačný
 - amplitúdová, frekvenčná, fázová
- diskrétné:
 - modulačný signál je spojitý (má tvar sinusoidy)
 - výsledný modulovaný signál nadobúda hodnoty 0 alebo 1
 - impulzná amplitúdová, impulzne-šírková, polohová
- číslicové modulácie:
 - výsledný modulovaný signál nadobúda len hodnoty 0 a 1
 - impulzne-kódová, delta modulácia
- klúčovanie:
 - modulácia spojitého signálu (nosný signál) diskretným signálom
 - amplitúdové klúčovanie, frekvenčné klúčovanie, fázové klúčovanie

- **Amplitúdová modulácia**

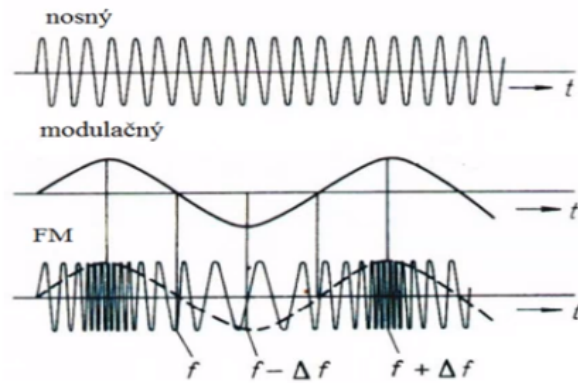
- nosný aj modulačný signál majú sinusový priebeh
- amplitúda modulačného signálu ovplyvňuje amplitúdu nosného signálu
- každý z týchto signálov kmitá na inej frekvencii
- nosný signál
- frekvencia modulačného signálu je nižšia ako frekvencia nosného
- keď ich zložím dokopy, dostanem modulovaný signál

- hĺbka modulácie sa udáva v percentách
- má dve postranné pásma, každé s polovičnou amplitúdou
- informácia sa prenáša na obidvoch postranných pásmach
- používa sa na prenos rozhlasového a televízneho vysielania
- ľahká realizácia, ľahká demodulácia
- malá odolnosť voči šumu
- nosný signál $u_N = U_N \sin \omega t$
- modulacný signál $u_M = U_M \sin \Omega t \rightarrow \Omega = 2\pi F$
- modulovaný signál $u_{AM} = (U_N + u_M) \sin \omega t$
- hĺbka modulácie $m = \frac{U_M}{U_N}$



• Frevenčná modulácia

- mení sa frekvencia nosnej vlny pomocou modulačného signálu
- frekvenčný zdvih je max zmena frekvencie nosnej vlny
- f zdvih nezávisí od frekvencie modulačného signálu



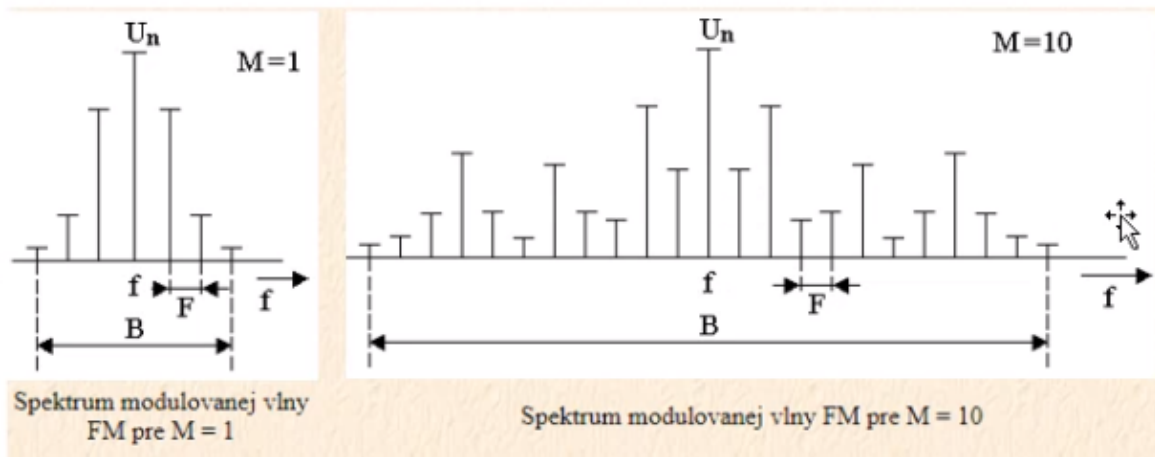
Obr. 2.8. Princíp frekvenčnej modulácie.

$\Omega = 2\pi F \rightarrow$ frekvencia modulačného signálu

$\omega = 2\pi f \rightarrow$ frekvencia nosného signálu

$\Delta\omega = 2\pi \Delta f \rightarrow$ frekvenčný zdvih

$\Delta\omega = k U_m \rightarrow k$ je citlivosť (strmosť) modulácie



Vstupné signály: -nosný signál $\rightarrow u_n = U_n \sin \omega t$

- modulačný signál $\rightarrow u_m = U_m \sin \Omega t$

- modulovaný nosný signál so zmenenou frekvenciou $\rightarrow u = U_n \sin \omega'(t)$

kde $\omega'(t) = \omega + \Delta\omega \cos \Omega t$

integráciou podľa času dostaneme : $\omega t + M \sin \Omega t$ kde $M = \Delta\omega / \Omega = \Delta f / F$

M – index (činiteľ) FM

Výsledná frekvenčne modulovaná nosná vlna: $u = U_n \sin (\omega t + M \sin \Omega t)$

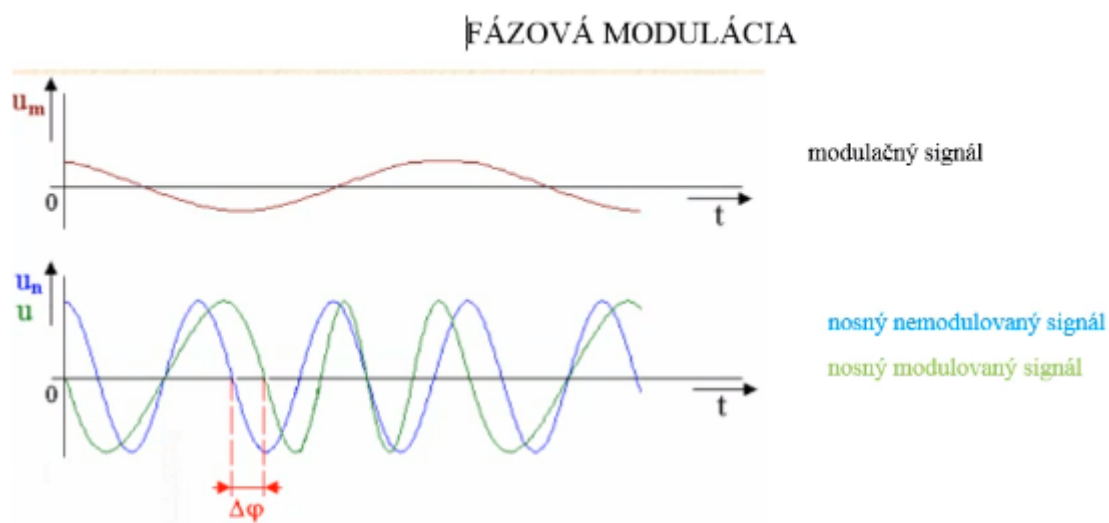
Šírka prenášaného pásma: $B = 2F_{\max}(1+M) = 2(F_{\max} + \Delta f)$

- frekvencia modulačného signálu určuje koľkokrát za sekundu sa zmení frekvencia nosnej vlny z:
- citlivosť modulácie udáva o koľko Hz sa zmení f nosného signálu pri zmene amplitúdy modulačného signálu o 1V

$$f - \Delta f \quad f + \Delta f$$

- frekvenčný signál ma nekonečné množstvo postranných frekvencií
- na kvalitný neskreslený prenos sa prenášajú len tie postranné zložky, ktorých amplitúda je väčšia ako jedno percento amplitúdy nosného signálu
- v závislosti od činiteľa f modulácie FM môže byť:
 - úzkopásmová - $M < 1$
 - širokopásmová - $M > 1$
- s hodnotou činiteľa modulácie súvisí kvalitatívny ukazovateľ, ktorý určuje jeho kvalitu, nazýva sa pomer amplitúdy signálu k amplitúde sumu
- čím je väčší index FM, tým je väčší pomer signál šum
- z narastajúcim indexom FM rastie aj šírka potrebného prenášaného pásma
- výhody:
 - jednoduchý modulátor a vysielač
 - takmer všetka vysielaná energia je sústredená v postranných pásmach prenášajúcich informáciu
 - lepší odstup signál šum
- nevýhody:
 - zložitý demodulátor
 - použitie len na veľmi krátkych vlnách
- **Fázová modulácia**
 - mení sa fáza nosného signálu so zmenou amplitúdy modulačného signálu
 - amplitúda zostáva rovnaká
 - výslednú rovnicu fázovo modulovaného signálu dostaneme sčítaním nosného signálu nemodulovaného a nosného signálu modulovaného
 - fázový zdvih modulácie = Δf s čiarou

- fázová modulácia má veľmi veľa zložiek v postranných pásmach
- nevýhody:
 - nedá sa vybrať počet postranných zložiek
 - veľmi široká šírka prenášaného pásma
- výhody:
 - dá sa premeniť na frekvenčnú moduláciu
 - pri premene na frekvenčnú je veľmi srtabilná nosná frekvencia



$$u_m = U_m \sin \Omega t$$

modulačný signál s amplitúdou U_m a frekvenciou Ω

$$u_n = U_n \sin(\omega t + \varphi)$$

nosný signál s amplitúdou U_n , frekvenciou ω a počiatočnou fázou φ

$$u = U_n \sin(\omega t + \varphi')$$

I

modulovaný nosný signál s pôvodnou amplitúdou U_n , frekvenciou ω a fázou φ'

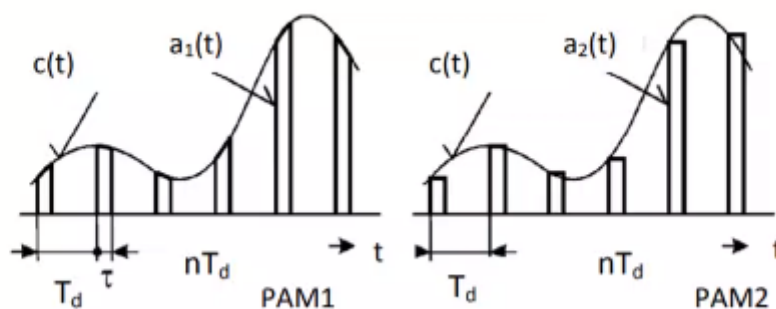
$$\Delta\varphi' = \varphi \cdot \sin \Omega t \rightarrow \text{zmena fázy}$$

$$u = U_n \sin(\omega t + \Delta\varphi \cdot \sin \Omega t) \rightarrow \text{výsledná rovnica fázovo modulovaného signálu}$$

• Pulzne amplitúdová modulácia

- PAM je odoberanie vzoriek s pôvodného analógového signálu

- odoberanie vzoriek je v pravidelných časových intervaloch T
- dĺžka intervalu sa určuje podľa S-K teorémy kde f_m je maximálna f signálu
- šírka impulzu je τ
- Druhy PAM:
 - PAM1 - vrcholy vzorkovacích impulzov 'a' kopírujú tvar modulačného signálu 'c'
 - PAM2 - vrcholy vzorkovacích impulzov 'a' sa počas svojej doby trvania nemenia a závisia od okamžitej hodnoty analógového signálu



Obr. 4.2. Princíp pulznej amplitúdovej modulácie (PAM1 a PAM2).

Pre neskreslený modulovaný signál platí:

$$T \leq \frac{1}{2f_m}, \quad \text{Shanon – Koteľnikova teoréma}$$

$\tau \ll T$ kde τ je šírka impulzu

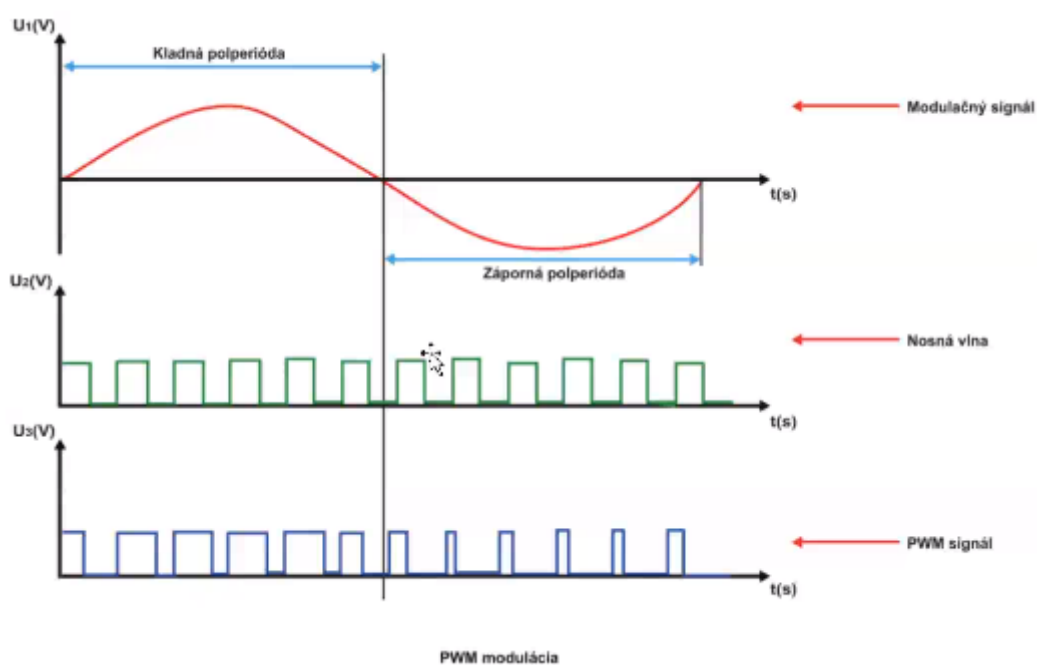
$$B > \frac{1}{2\tau_i} \gg f_m$$

Šírka prenášaného pásma

• Pulzne šírková modulácia

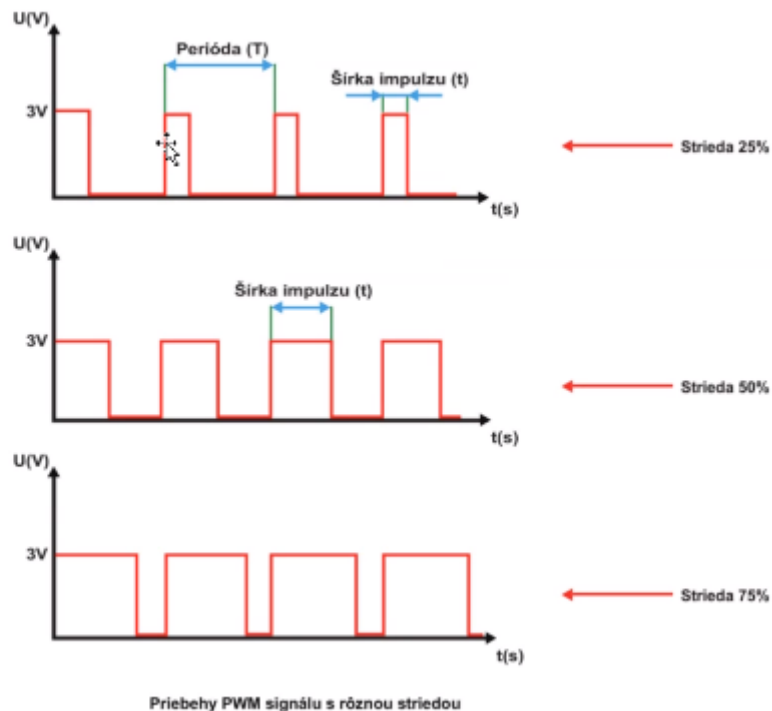
- PWM mení sa šírka impulzu v závislosti od nosnej vlny a modulačného signálu
- nosný a modulačný signál sa porovnávajú v komparátore
- ak má nosný signál vyššiu úroveň ako modulačný, generuje sa horná úroveň PWM signálu
- ak je úroveň nosného signálu nižšia ako modulačného, generuje sa spodná úroveň PWM signálu
- šírka impulzu sa môže meniť:

- PWM1 zmenou nábežnej hrany alebo dobežnej hrany
- PWM2 zmenou aj nábežnej aj dobežnej hrany naraz
- využitie PWM:
 - svetelné zdroje - ovládanie intenzity LED, zmena jasú podsvietenia LCD panelov
 - rádio komunikácie - mobilné telefóny, domáce audio, tv prímače
 - audio - zvukové efekty, zosilňovače triedy D
 - priemysel - spínané zdroje, meniče, regulácie motorov, invertory



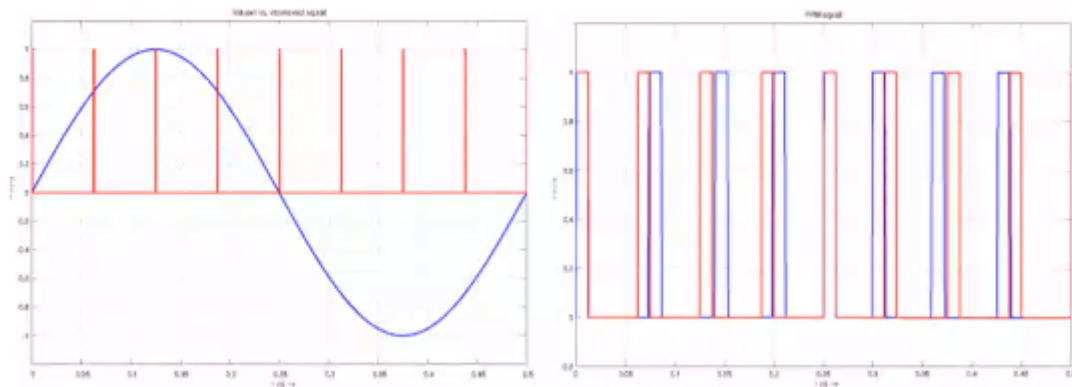
$$D = \frac{t}{T}$$

Vzťah pre výpočet hodnoty striedy



• Pulzne polohová modulácia

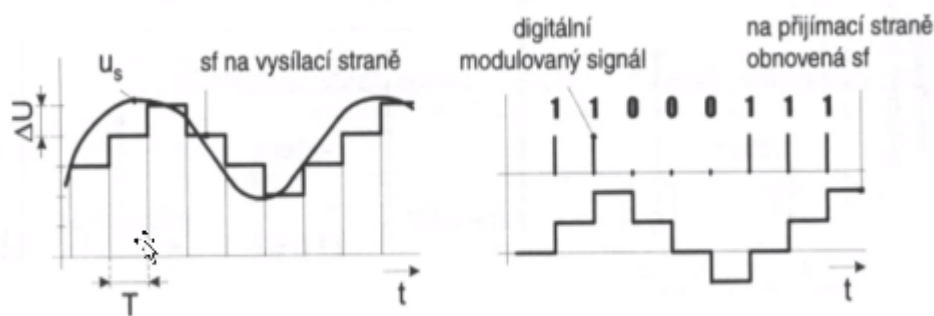
- vychádza z PŠM
- signály z PŠM prichádzajú do derivačného článku v ktorom sa vytvárajú krátke impulzy
- keď príde kladný impulz, vytvára sa nábežná hrana, keď príde záporný, vytvára sa dobežná hrana
- amplitúda a frekvencia modulovaného signálu sa nemenia
- mení sa poloha výstupného signálu oproti vstupnému
- ak je modulačný signál väčší ako nosný, modulovaný impulz sa posúva doprava
- ak je modulačný signál menší ako nosný, modulovaný impulz sa posúva dolava
- využitie: automatizačná technika



Obrázek č.5: Časové průběhy u modulace PPM

• Delta modulácia

- pri delta modulácii sa prenáša informácia o zmene okamžitej hodnoty signálu voči hodnote v predchádzajúcej vzorke
- priebe pôvodného signálu U_s je porovnávaný so sledovacím signálom S_f
- porovnávanie prebieha v okamihu odobratia vzorky
- ak je amplitúda pôvodného analógového signálu väčšia ako sledovacieho signálu napätie sledovacieho signálu stúpne o ΔU a na výstupe sa objaví logická 1
- keď je amplitúda U_s menšia ako S_f , prenesie sa logická 0

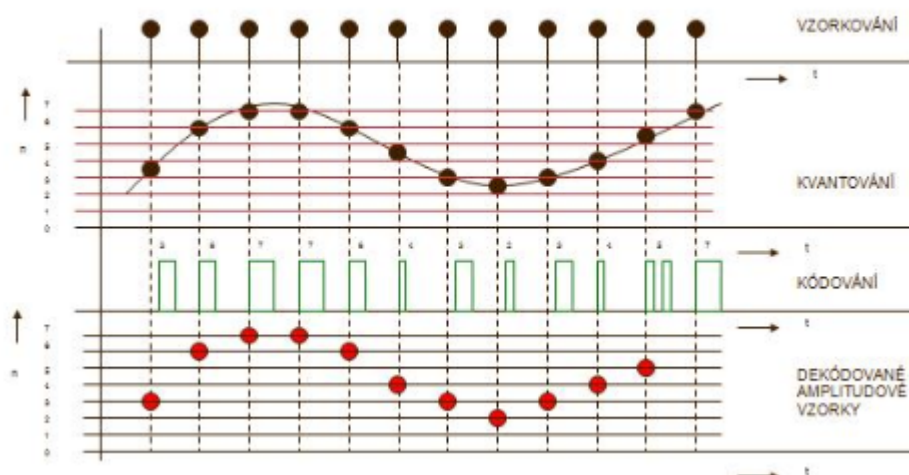


Obr. 2.5 Princíp delta modulácie

• PCM modulácia

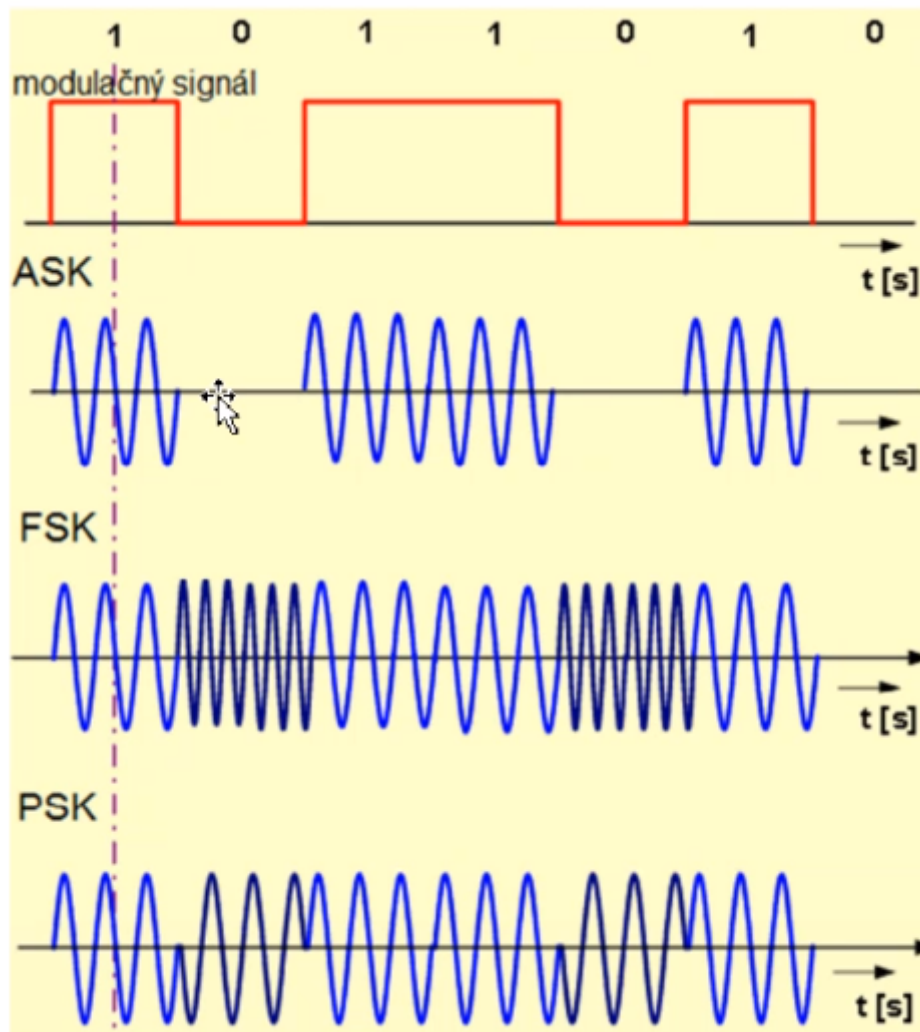
- pulzne kódová modulácia
- prevod analógového signálu na digitálny
- má 3 základné časti:

- vzorkovanie:
 - z analógového signálu sa v určitom časovom okamihu odoberajú vzorky
 - vzorkovacia frekvencia musí byť minimálne 2-krát väčšia ako frekvencia modulačného signálu
- kvantovanie:
 - rozdelíme úsek na kvantizačné hladiny
 - každej vzorke priradíme najbližšiu kvantizačnú hladinu
 - minimálny počet k. hladín je 8 a maximálny je 256
 - čím je vyšší počet hladín, tým je menšia chyba prenosu
- kódovanie:
 - každej kvantizačnej hladine sa pripíše binárne číslo
 - prenáša sa to binárne číslo, ktoré je priradené k. hladine odoberanej vzorky
- demodulácia:
 - pri demodulácii sa dekódujú poslané čísla
 - v demodulátore sa opäť vytvorí analógový signál



- **Digitálne modulácie**
 - Patria medzi nekvantované modulácie

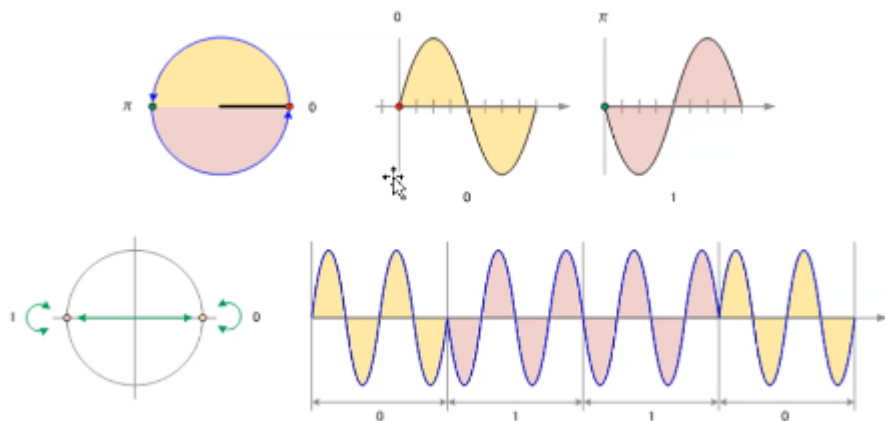
- Modulačný signál je digitálny - má hodnoty 0 a 1
- Nosný signál je analógový
- **Amplitúdové kľúčovanie (ASK)**
 - Keď má modulačný signál stav 1, amplitúda modulovaného signálu sa rovná amplitúde nosného signálu
 - Keď má modulačný signál hodnotu 0, modulovaný signál má nižšiu amplitúdu, ako nosný, alebo aj žiadnu
 - Nepoužíva sa na metalických vedeniach
 - Najjednoduchšia pre optický prenos
- **Frekvenčné kľúčovanie (FSK)**
 - S hodnotou modulačného signálu sa mení frekvencia modulovaného signálu
- **Fázové kľúčovanie (PSK)**
 - Pri prechode modulačného signálu z logickej 1 na logickú 0 a naopak, sa mení fáza modulovaného signálu



Obr. 3.1. Základné princípy kľúčovania, signály ASK, FSK a PSK.

- **Dvojnásobné kľúčovanie - 2PSK**

- ekvivalent fázovej modulácie
- nosný signál môže byť v dvoch stavoch - sínus alebo posunutý o π , čiže v proti fáze
- vektor signálu môže byť kdekoľvek na polkružnici - tým sa zvyšuje chybovosť signálu



• Kvadratúrové klúčovanie - QPSK

- má 4 stavy - 00, 01, 10, 11
- každý so signálov je posunutý o $\pi/4$ - 90 stupňov
- vektor signálu sa pohybuje len v štvrt kružnici
- menšia chybovosť

