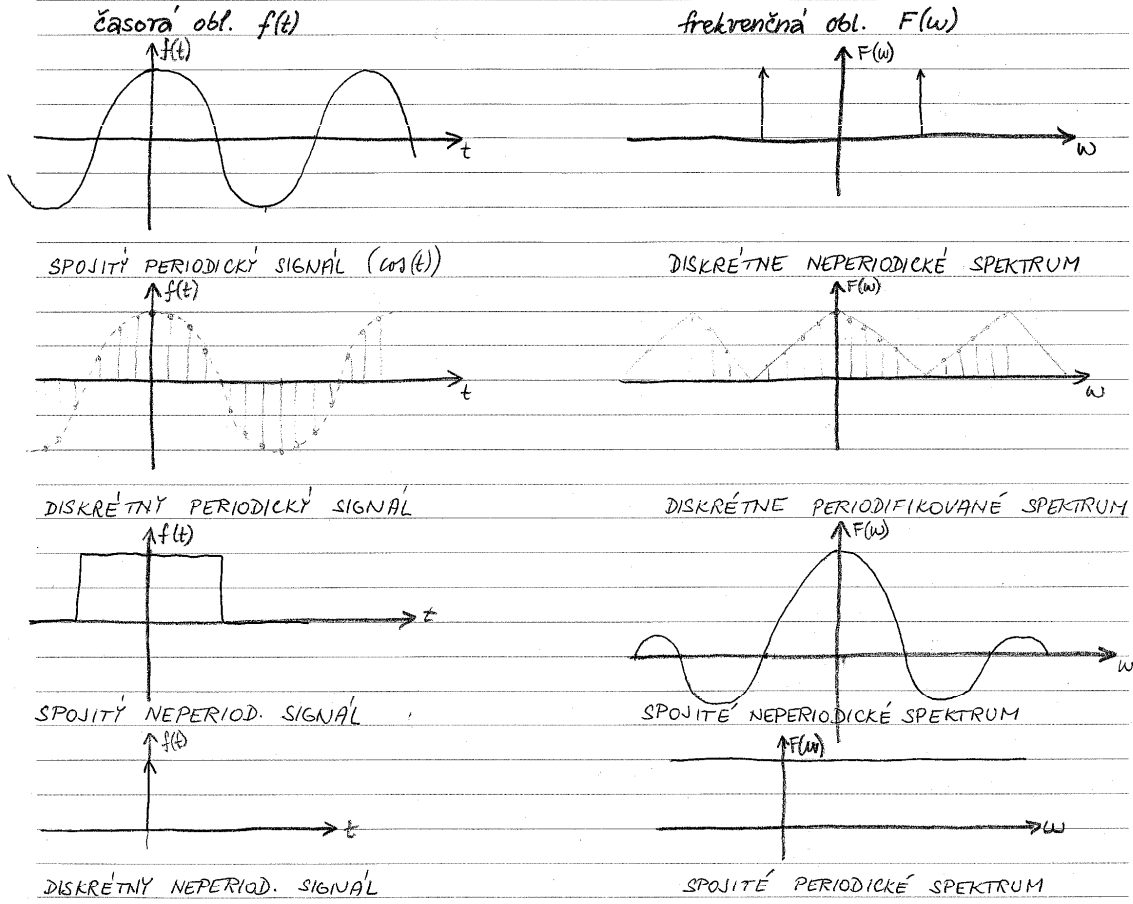


...T...Com.

REPREZENTÁCIA SIGNÁLOV



Spektrum dostaneme ako Fourier. Transf:
 neperiódické two signály
 SPOJITÉHO

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-j\omega t} \cdot dt$$

A ASI AJ DISKRÉTNÉHO

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \cdot e^{j\omega t} \cdot d\omega \quad \text{spätná transf.}$$

$$F(\omega) = A(\omega) + j \cdot B(\omega) = |F(\omega)| \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

kde: $|F(\omega)|$ - spektrálna hustota amplitúd
 argument $\varphi(\omega)$ - fázové spektrum

★ PŘÍKLAD 1.

Spektrum periodického signálu dostanem ako Fourier. Rad:
SPOJITÉHO!!

musia platiť Dirichletove podmienky:

- integrovateľná fcia
- konečný počet bodov nespojitosti a lokal. extrémov v reálnej obl.

ZLOŽKOVÝ TVAR

$$x(t) = a_0 + \sum_1^{\infty} (a_n \cdot \cos(n\omega t) + b_n \cdot \sin(n\omega t))$$

jednosmerná zložka:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int x(t) dt$$

harmonické (spektrum):

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \cos(n\omega t) dt \quad \text{nepárna} \Rightarrow a_n = 0$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \sin(n\omega t) dt \quad \text{párna} \Rightarrow b_n = 0$$

TRIGONOMETRICKÝ TVAR

$$x(t) = A_0 + \sum_1^{\infty} A_n \cdot \cos(n\omega t + \varphi_n)$$

$$A_0 = a_0$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$\varphi_n = -\arctg \frac{b_n}{a_n}$$

KOMPLEXNÝ TVAR

$$x(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega t}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot e^{-jn\omega t} dt = \frac{1}{2} (a_n - j b_n)$$

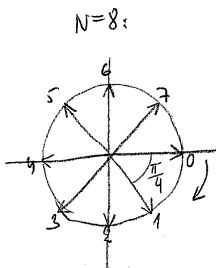
$$C_n = |C_n| \cdot e^{j\varphi_n} \quad |C_n| = \frac{1}{2} \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

★ PŘÍKLAD 2

Spektrum periodického signálu dostanem ako diskretnú Fourier. transf.:
DISKRÉTNÉHO

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_0^{N-1} x(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N} n k}$$

perioda \rightarrow $w = e^{-j \frac{2\pi}{N}}$



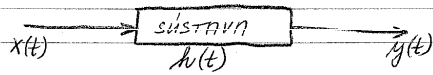
$$w = e^{-\frac{2\pi}{N}} = e^{-\frac{2\pi}{8}} = e^{-\frac{\pi}{4}} \Rightarrow \text{uhol } 45^\circ$$

$X(k) = X(k+N) = X(k+2N) = \dots$ spektrum je diskretné a periodizované (točí sa to po kružnici)

..T..Com.

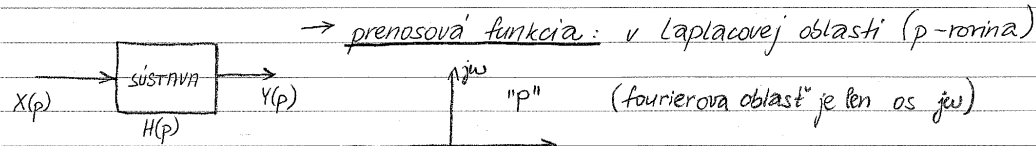
REPREZENTÁCIA SÚSTAV

SPOJITÉ SÚSTAVY → impulzová charakteristika sústavy: vlastná odozva sústavy na jednotkový impulz



$$y(t) = x(t) * h(t)$$

ak $x(t) = \delta(t) \Rightarrow y(t) = h(t)$



$$Y(p) = X(p) \cdot H(p)$$

$$H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{\mathcal{L}\{y(t)\}}{\mathcal{L}\{x(t)\}}$$

$H(p) = \mathcal{L}\{h(t)\}$ prenosová funkcia je prelapovaná impulz. ch.

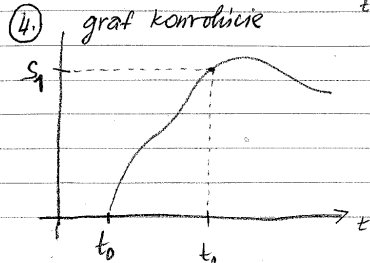
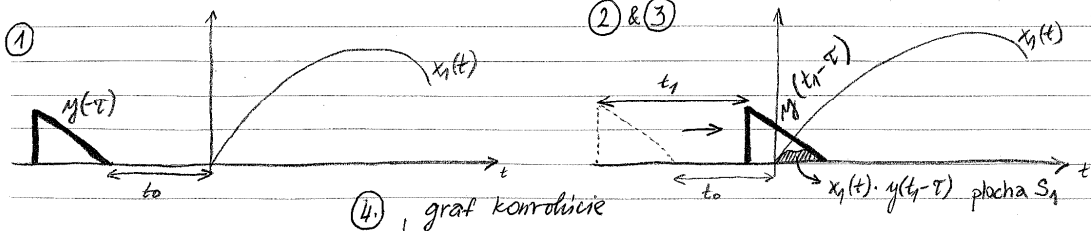
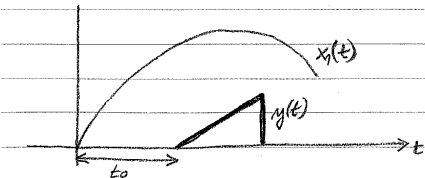
$H(j\omega) = \mathcal{F}\{h(t)\}$ prenosová funkcia na osi $j\omega$.

SPOJITÁ KONVOLÚCIA = násobenie vo frekv. obl.

$$x_1(t) * y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x_1(\tau) \cdot y(t-\tau) d\tau$$

algoritmus:

1. JEDNU Z FUNKCIÍ OTOČÍME O 180°
 2. POSÚVANIE V ČASE OTOČENEJ FUNKCIE
 3. SÚČIN FUNKCIÍ V DANOM POSUNUTÍ
 4. VÝPOČET INTEGRÁLU ZO SÚČINU (PLOCHA PRIENIKU 2 FUNKCIÍ)
- ⇒ HODNOTA KONVOLÚCIE V DANOM BODE POSUNUTIA



→ diferenciálna rovnica: má dosť zložitý výpočet, preto nie je najvhodnejšia na opis sústav.

$$b_m \frac{d^m y}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} y}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dy}{dt} + b_0 \cdot y = a_m \frac{d^m x}{dt^m} + a_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + a_0 x$$

DISKRÉTNÉ SÚSTAVY na opis sa používajú diferenciálna rovnica, prenosová funkcia a konvolúcia.

→ diferenčná rovnica:

$$y(n) = \underbrace{\sum_{k=0}^N a_k \cdot x(n-k)}_{\text{FIR}} - \underbrace{\sum_{k=1}^N b_k \cdot y(n-k)}_{\text{IIR (ak má aj členy } b_k \text{)}}$$

★ PŘÍKLAD 3.

→ impulzná charakteristika: odpoveď sústavy na krátkodobý impulz (jednotkový)

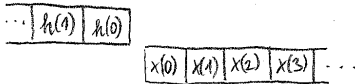
$$x(n) = \delta(n) \rightarrow y(n) = h(n)$$



$$Dy = Dx + Dn - 1$$

DISKRÉTNÁ KONVOLÚCIA

1. JEDNU Z FUNKCIÍ OTOČÍME

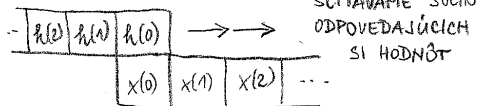


★ PŘÍKLAD:

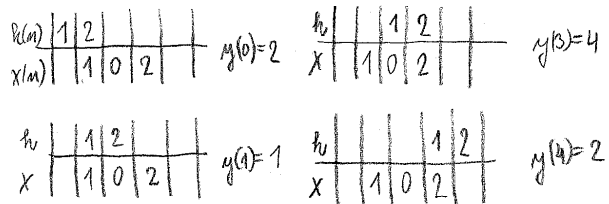
$$x(n) = \{1, 0, 2\}$$

$$h(n) = \{2, 1\}$$

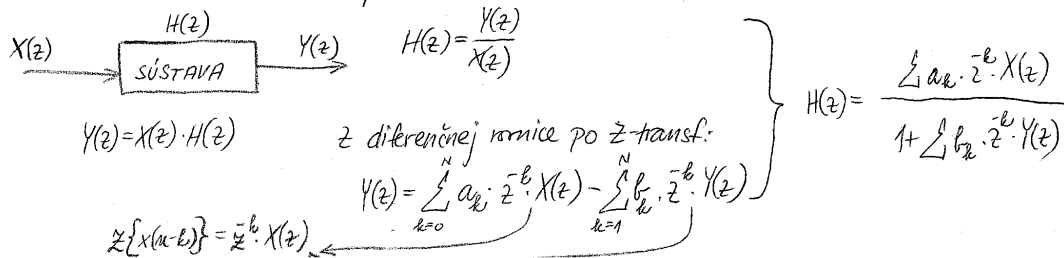
2. POSÚVAME VĚDY O 1 HODNOTU A



SČÍTAVAME SÚČIN ODPOVEDAJÚCICH SI HODNÔT



→ prenosová funkcia: využíva z-transformáciu, tak ako spojité sústavy využívajú Laplaceovu transf.



z diferenciálnej rovnice po z-transf.:

$$Y(z) = \sum_{k=0}^N a_k \cdot z^{-k} \cdot X(z) - \sum_{k=1}^N b_k \cdot z^{-k} \cdot Y(z)$$

$$H(z) = \frac{\sum a_k \cdot z^{-k} \cdot X(z)}{1 - \sum b_k \cdot z^{-k} \cdot Y(z)}$$

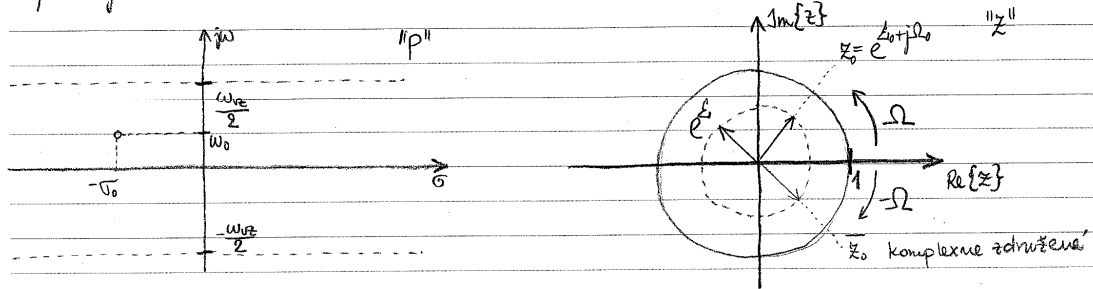
..T..Com.

PRENOSOVÁ FUNKCIA

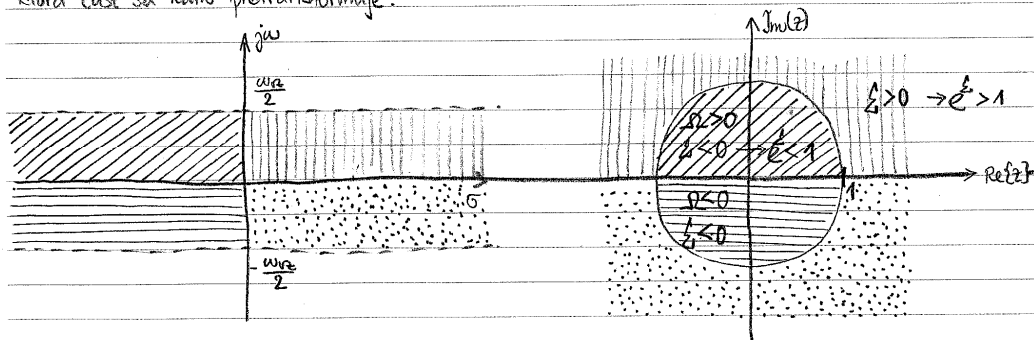
{	V SPOJITEJ SÚSTAVE	$H(p) \Big _{p=j\omega} = A(\omega) \cdot e^{-j\varphi(\omega)}$	amplitúda + fáza
	V DISKRÉTNEJ SÚSTAVE	$H(z) \Big _{z=e^{j\Omega}} = A(\Omega) \cdot e^{-j\varphi(\Omega)}$	

Z-TRANSFORMÁCIA - SÚVIS MEDZI 'z' A 'p' ROVINOU

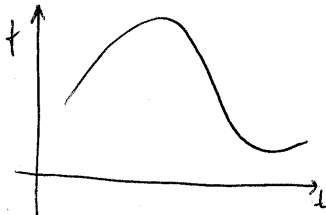
$$p = \sigma + j\omega \rightarrow z = e^{(s+j\omega)T} = e^{\frac{\sigma}{f_s} + jz\frac{f}{f_s}} = e^{\Delta + j\Omega} \Rightarrow z = e^{p \cdot T/f_s}$$



ktorá časť sa kam pretransformuje:



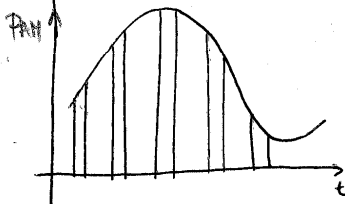
řvodný signál



řorkovací signál

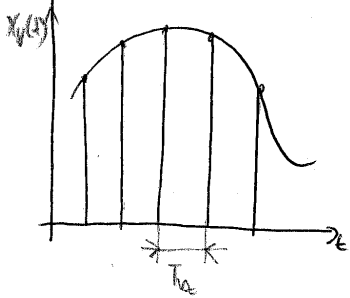
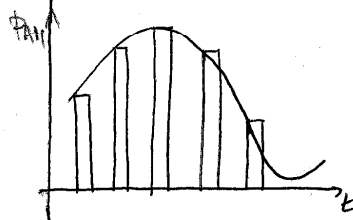


řORKOVANIE 1. DRUHU - řeas hroznie řorky ka jej tvar mení a řledný tvar signálu



řORKOVANIE 2. DRUHU - hodnota řorky ka nemeni, řesledný tvar řvodného signálu;

"sample and hold" - zachováva hodnotu řorky na začiatku řorkovacieho signálu až do prichodu následujúcej řorky

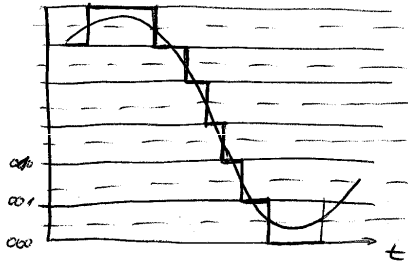


IDEÁLNE řOR. - řovnáva dirakové impulzy

KVANTOVANIE

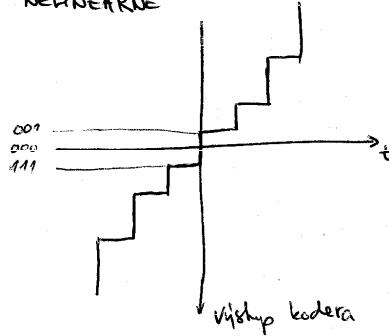
- signál rozdelí podľa úrovní a kvantizačných hladín
- vzniká chyba kvantovania (max = 1/2 kroku kvant.)

LINEARNE



→ rovnomerne rozdelené kvantovacie úrovně v celom rozsahu signálu

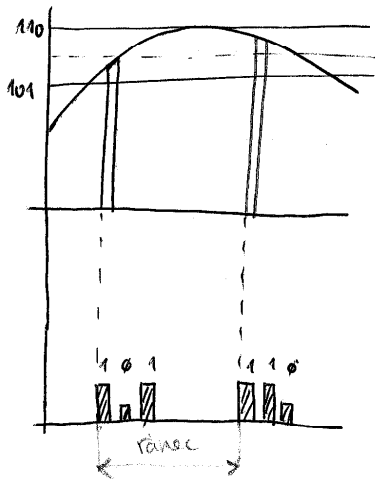
NELINEARNE



→ Spravidla väčšie kroky so väčšími úrovňami signálu; pre malé úrovne so menšími krokmi

→ pozn.: kompresia signálov

KODOVANIE



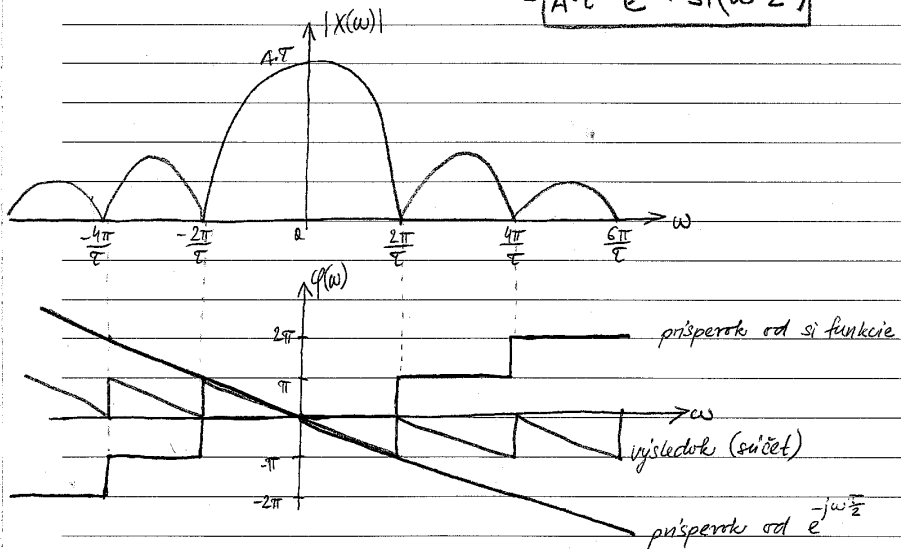
→ symbolmi jednej množiny interpretujú symboly inej množiny

→ vzdialenosť medzi znakami = rámc

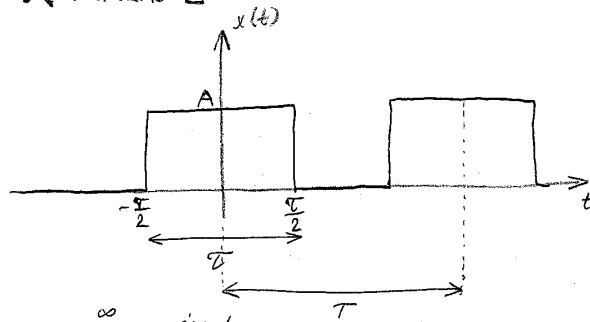
..T..Com.

★ Příklad 1.

$$\begin{aligned}
 X(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j\omega t} dt = \int_0^T A \cdot e^{-j\omega t} dt = A \cdot \int_0^T e^{-j\omega t} dt = \\
 &= A \cdot \left[\frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega} \right]_0^T = \frac{A}{-j\omega} \cdot \left[e^{-j\omega T} - 1 \right] = \\
 &= \frac{A}{j\omega} \cdot \left[1 - e^{-j\omega T} \right] = \frac{A}{j\omega} \cdot e^{-j\omega \frac{T}{2}} \cdot \left[e^{j\omega \frac{T}{2}} - e^{-j\omega \frac{T}{2}} \right] = \\
 &= \frac{2A}{-j\omega} \cdot e^{-j\omega \frac{T}{2}} \cdot \frac{e^{j\omega \frac{T}{2}} - e^{-j\omega \frac{T}{2}}}{2j} = \frac{2A}{+j\omega} \cdot e^{-j\omega \frac{T}{2}} \cdot \sin\left(\omega \frac{T}{2}\right) = A \cdot T \cdot e^{-j\omega \frac{T}{2}} \cdot \frac{\sin\left(\omega \frac{T}{2}\right)}{\omega \frac{T}{2}} = \\
 &= \boxed{A \cdot T \cdot e^{-j\omega \frac{T}{2}} \cdot \text{si}\left(\omega \frac{T}{2}\right)}
 \end{aligned}$$



★ PŘÍKLAD 2



$$\tau = \frac{1}{2} T$$

$$\frac{\tau}{T} = \frac{1}{2}$$

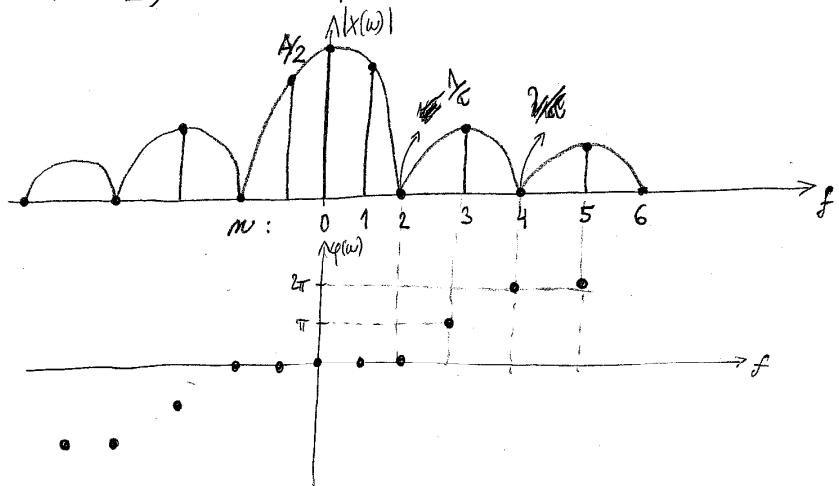
$$x(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega t}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \cdot e^{-jn\omega t} dt = \frac{A}{T} \int_{-\frac{T}{4}}^{\frac{T}{4}} e^{-jn\omega t} dt = \frac{A}{T(-jn\omega)} \left[e^{-jn\omega t} \right]_{-\frac{T}{4}}^{\frac{T}{4}} =$$

$$= \frac{A}{T(-jn\omega)} \cdot \left[e^{-jn\omega \frac{T}{4}} - e^{jn\omega \frac{T}{4}} \right] = \frac{A}{T(jn\omega)} \cdot \left[e^{jn\omega \frac{T}{4}} - e^{-jn\omega \frac{T}{4}} \right] =$$

$$= \frac{A \cdot 2}{T n \omega} \cdot \left[\frac{e^{jn\omega \frac{T}{4}} - e^{-jn\omega \frac{T}{4}}}{2j} \right] = \frac{2A}{T n \omega} \cdot \sin(n\omega \frac{T}{4}) = \frac{A T}{T} \frac{\sin(n\omega \frac{T}{4})}{n\omega \frac{T}{4}} = \frac{A T}{T} \cdot \text{si}\left(n\omega \frac{T}{4}\right)$$

$$= \frac{A}{2} \cdot \text{si}\left(n\pi \frac{1}{2}\right) \quad \frac{T}{T} = \frac{1}{2}; \quad \omega = 2\pi f$$



...T...Com.

★ PŘÍKLAD 3.

$$N=2 \quad y(n) = [a_0 \ a_1 \ a_2] \cdot \begin{bmatrix} x(n) \\ x(n-1) \\ x(n-2) \end{bmatrix} - [b_1 \ b_2] \cdot \begin{bmatrix} y(n-1) \\ y(n-2) \end{bmatrix}$$

nulové počáteční podmínky

$$x(n) = u(n) \dots \text{kronkeru} = [1, 0, 0, 0, \dots] \rightarrow \text{řády } x(0) = 1$$

$$y(n) = h(n) \dots \text{impulzová char.}$$

$$n=0: h(0) = a_0$$

$$n=1: h(1) = a_1 - b_1 \cdot a_0$$

$$n=2: h(2) = a_2 - b_1 \cdot [a_1 - b_1 \cdot a_0] - b_2 \cdot a_0$$

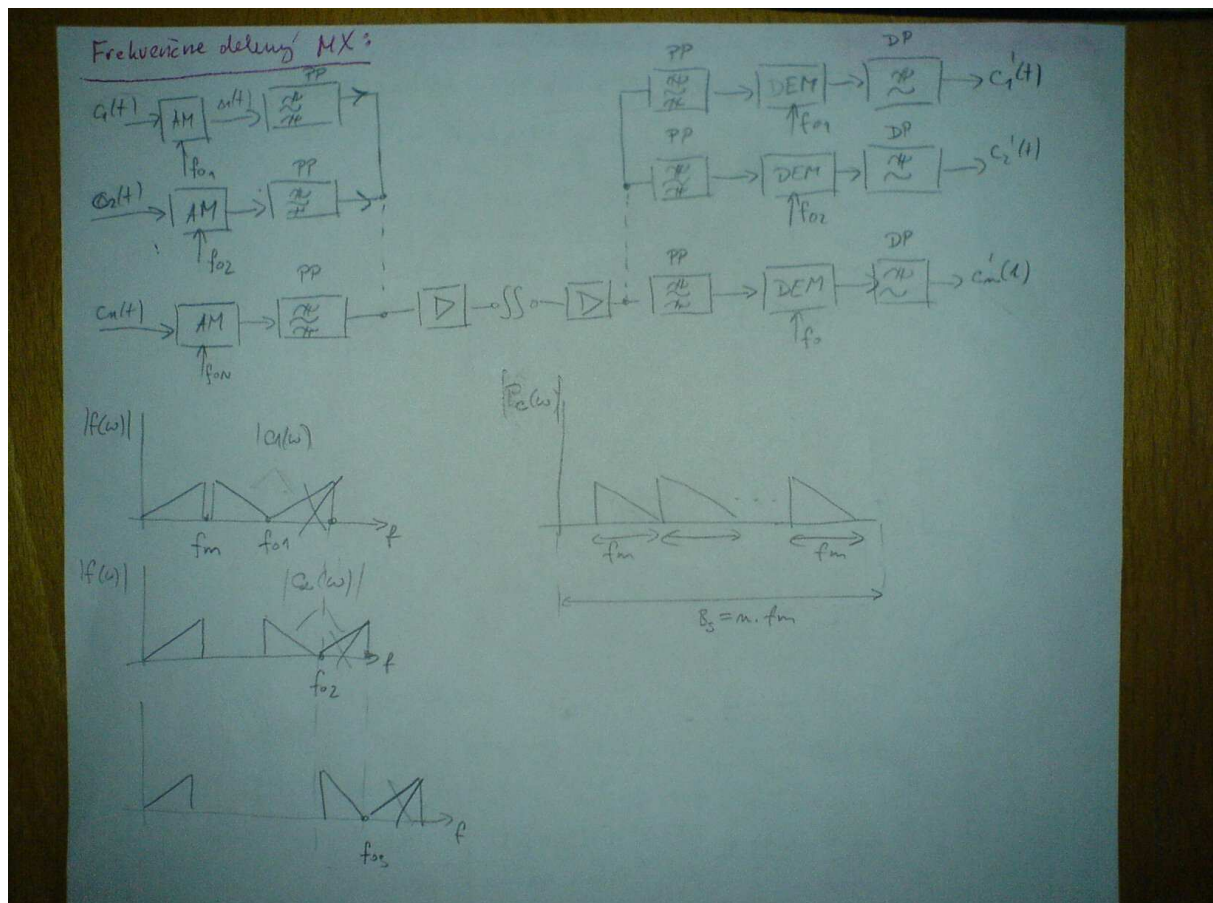
$$n=3: h(3) = b_1 \cdot [a_2 - b_1 \cdot (a_1 - b_1 \cdot a_0) - b_2 \cdot a_0] - b_2 \cdot (a_1 - b_1 \cdot a_0)$$

$$n=4: h(4) = b_1 \cdot [\dots]$$

→ IIR

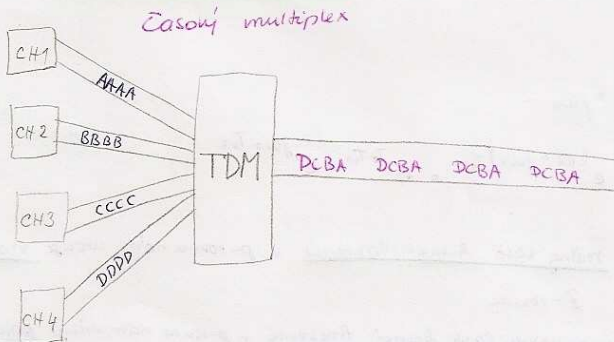
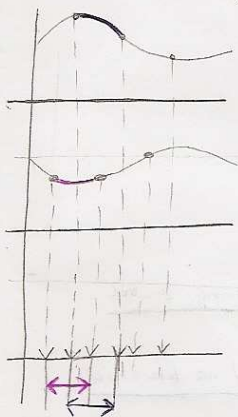
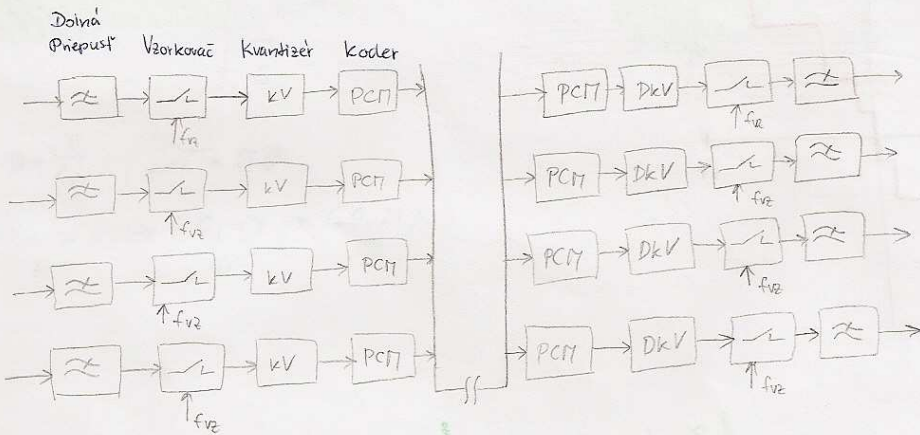
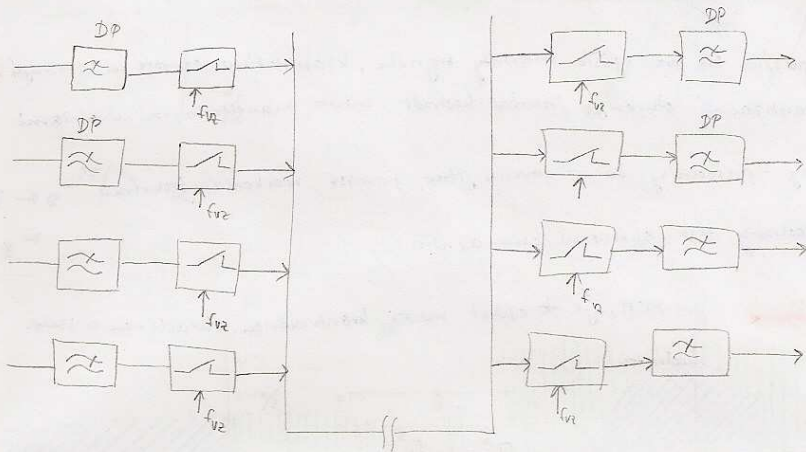
Multiplex je spôsob prenosu signálov pri ktorom dochádza k súčasnému viacnásobnému využívaniu jedného prenosového prostredia či časti spojovacieho zariadenia (vedenia, kábla, vzduchu). Prenos, pri ktorom sa využíva multiplex, sa nazýva **multiplexný prenos**.

- priestorový multiplex (angl. SDM - Space Division Multiplex)
- frekvenčný multiplex (kmitočtový multiplex; angl. FDM - Frequency Division Multiplexing): tu je prenosovým médium (elektromagnetické) vlnenie, každý informačný kanál ma pridelenú inú frekvenciu (klasickým príkladom sú rozhlasové stanice)
- vlnový multiplex (angl. WDM - Wavelength Division Multiplex): s použitím rôznych vlnových dĺžok
- časový multiplex (angl. TDM - Time Division Multiplexing): informačné kanály si striedajú prenosové médium vo veľmi krátkych časových intervaloch
- štatistický multiplex (angl. STDM - Statistical Time Division Multiplexing)
- kódový multiplex (angl. CDM - Code Division Multiplexing): zakódované dáta príjemcovým kódom prijímajú všetci, každý príjemca má svoj kód a len ten jeden so správnym kódom vie, že sú určené preňho a len on ich rozkóduje (takto fungujú mobilné telefóny)



Princíp multiplexovania signálov na PCM4

- princíp spočíva v tom, že máme 4 rôzne analogové signály, kt. rozložíme každý rovnakou rýchlosťou frekvenciou, avšak v inom case



Modulácia je proces ovplyvňovania nosného signálu, typicky sínusového, za účelom prenesenia informácie. Nosný signál je ovplyvňovaný modulačným signálom. Modulačný signál je signál v základnom pásme, napr. analógový signál z mikrofónu, televíznej kamery, alebo číslicový (digitálny) signál. Opačný proces sa nazýva demodulácia.

Obyčajne modulujeme jeden z trojice charakteristických parametrov elektrického signálu: fázy, frekvencie alebo amplitúdy. Zariadeniu, vykonávajúce moduláciu -> modulátor, zariadenie, ktoré vykonáva demoduláciu -> demodulátor. Zariadenie vykonávajúce obe operácie je modem (spojenie oboch pojmov -> modulácia, demodulácia).

U číslicovej modulácie sú zmeny signálu volené z pevného zoznamu (**modulačná abeceda**) každého vstupu z ktorého je privádzaná rôzna časť informácie (symbol). Abeceda je obyčajne reprezentovaná **konštelačným diagramom**.

U analógovej modulácie sú zmeny aplikované spojito v odozve na modulačný (dátový) signál. Modulácia môže byť aplikovaná na rôzne aspekty signálu.

Modulácia sa obyčajne robí preto, aby sme vyriešili otázky súvisiace s prenosom signálu:

- Jednoduché (nízky útlm, nízky rozptyl) šírenie elektromagnetických (EM) vln
- Multiplexovanie – prenos viacerých signálov v jednom frekvenčnom pásme, na rôznych nosných frekvenciách
- Menšie, viacsmerné antény

Nosným signálom sú obyčajne vysokofrekvenčné elektromagnetické vlny.

Využitie: napr. Pri bezdrôtovom prenose správ na veľké vzdialenosti.

Nosný harmonický signál: $n(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

Model spojite modulovaného harm. signálu má vo všeobecnosti tvar: $a(t) = A(t) \cos \Phi(t)$

$A(t)$ – okamžitá hodnota amplitúdy modulovaného sign.

$\Phi(t)$ – okamžitá hodn. fázového uhla modulov. sign.

Delenie:

1, **Spojité modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je spojitý) + nosný (je spojitý)

- amplitúdová
- frekvenčná
- fázová

2, **Diskrétné modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je diskretný) + nosný (je spojitý)

- amplitúdové klučovanie
- frekvenč. klučovanie
- fázové klučovanie

3, **Impulzné modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je spojitý) + nosný (je diskretný)

(periodická postupnosť je impulzov je charak. štyrmi základ. parametrami: amplitúda, šírka, poloha (fáza), frekvencia)

- PAM - pulzne amplitúdová
- PDM – pulzne šírková
- PPM – pulzne fázová
- PFM – pulzne frekvenčná

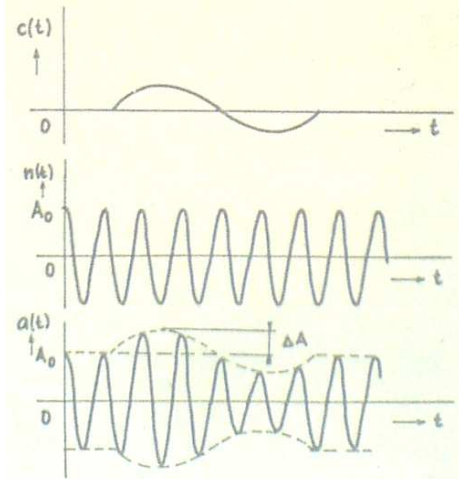
4, **Číslicové modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je diskretný) + nosný (je diskretný)

(kodovanie – priradovanie súboru kódových symbolov (impulzov) prvkom diskretnej správy)

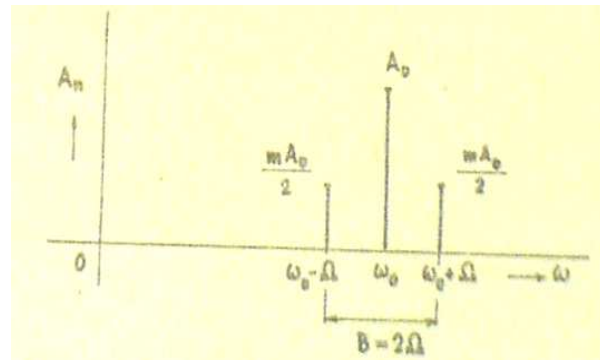
- PCM
- Delta modulácie

AM modulácia:

Pri amplitúdovej modulácii sa mení amplitúda nosnej vlny v rytme okamžitej hodnoty modulačného signálu. Frekvencia aj fáza modulovanej vlny sa nemenia, sú konštantné. Je zrejmé, že absolútna hodnota zmeny $A(t)$ nemá byť väčšia ako A_0 , aby nenastalo skreslenie prenášanej aprávy. To znamená, že hĺbka modulácie amplitúdy nesmie prevyšovať hodnotu 1 (alebo 100%) v opačnom prípade by nastalo premodulovanie a tým skreslenie.



Obr.1 Časové priebehy modulačného, nosného a AM signálu



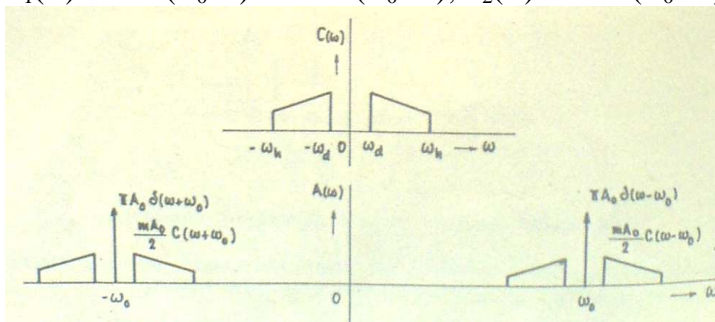
Obr.2 Spektrum AM signálu v prípade harmonickej modulácie

Šírka spektra sa rovná dvojnásobnej frekvencii modulačného signálu. Modulovaný signál v časovej oblasti: $s(t) = A \cos \omega_0 t + V/2 (\cos(\omega_0 + \omega)t + \cos(\omega_0 - \omega)t)$ (Obr.2)

Úloha spočíva nájst' súvis medzi časovou a frekvenčnou oblasťou:

$$s(t) = \{A + c(t)\} \cos \omega_0 t = A \cos \omega_0 t + c(t) \cos \omega_0 t = s_1(t) + s_2(t); s_1(t) \rightarrow S_1(\omega), s_2(t) \rightarrow S_2(\omega)$$

$$S_1(\omega) = A/2 \delta(\omega_0 - \omega) + A/2 \delta(\omega_0 + \omega); S_2(\omega) = 1/2 C(\omega_0 + \omega) + 1/2 C(\omega_0 - \omega)$$



Obr. 3 Modulové spektrum modulačného a AM signálu

V postranných pásmach je sústredených iba 50 % efektívneho výkonu nedomulovanej nosnej vlny, čo predstavuje 1/3 z celkového výkonu P_{ef} dodaného do antény modulovanou nosnou vlnou za jednu periódu modulačného signálu.

Pre prenosu signálu pomocou AM je normou stanovený činiteľ modulácie pre rádiové vysielacie AM $m = 0,3$, z toho vyplýva, že pre systémy s dvoma postrannými pásmami - DSB (Dual Side Band) je účinnosť nízka. Z tohoto dôvodu sa používajú systémy s jedným postranným pásmom s čiastočne potlačenou nosnou vlnou, systémy SSB (Single Side Band).

VÝHODY:

- Jednoduchá konštrukcia modulátorov a demodulátorov AM signálov
- Pri prenose užitočného signálu má výsledný modulovaný signál presne definované a ohraničené pásmo postranných zložiek

- o Na prenos informácie nám stačí preniesť iba jedno postranné pásmo, pretože z informačného hľadiska sú obidve postranné pásma identické.

NEVÝHODY:

- o Malá účinnosť
- o Náchylnosť na rušenie v ľubovoľnom mieste prenosového reťazca.

AM s potlačenou nosnou: $s(t) = c(t)\cos \omega_0 t \Rightarrow S(\omega) = 1/2 C(\omega_0 - \omega) + 1/2 C(\omega_0 + \omega)$

Modulačný signál zasahuje pri modulácii aj do záporných hodnôt a nastáva zmena počiatkovej fázy modulovaného signálu. Pri demulácii musí byť zabezpečená synchronizácia oscilátora na strane P s oscil. na strane V.

AM s jedným postranným pásmom: keďže hlavná časť výkonu pripada na prenos nosného signálu, ktorý však neprenáša žiadnu info a tým padom malá časť výkonu pripadá na postranné pásma (nosiť prenášanej správy). Potlačeným (čiastočným alebo úplným) niektoej časti spektra AM signálu dosiahneme výhodnejšie rozdelenie výkonu medzi nosný sign. a zložky prenášanej správy. Cena je však zložitejšie modulatory a demodulatory.

Modulátor: $c(t) - [\text{Křížový modulátor}] - \text{DSB-} [\text{Pásmová priepust}] - \text{SBD}$

| $n(t)$

Demulátor: $s(t) - [\text{Pásmová priepust}] - s'(t) [\text{demulátor}] - [\text{Pásmová priepust}] - c'(t)$

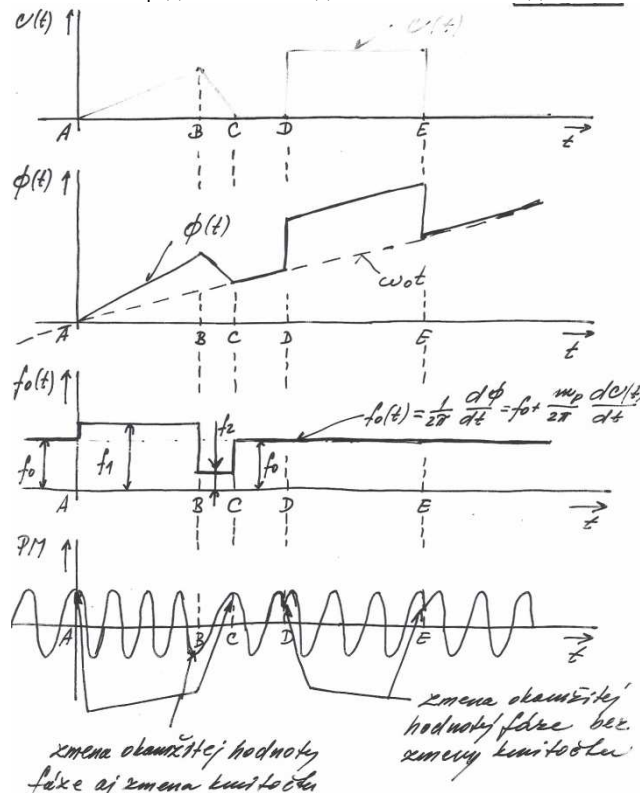
| f_m

Fázová modulácia:

Pri fázovej modulácii sa mení fáza modulovanej nosnej vlny v rytme zmien modulačného signálu. Amplitúda modulovanej nosnej vlny ostáva konštantná.

$\psi(t) = m_p c(t) \rightarrow m_p$ koeficient úmernosti

$\Phi = \omega_0 t + \psi(t); \quad c(t) = V \sin \omega t; \rightarrow s(t) = A \cos(\omega_0 t + \psi(t)) = A \cos(\omega_0 t + \psi m \sin \omega t)$



Fázová a frekvenčná modulácia sú vzájomne závislé, sú to dve rôzne cesty na dosiahnutie skoro rovnakého fyzikálneho výsledku. Fázovú moduláciu je možné previesť na moduláciu frekvenčnú, keď zabezpečíme, aby sa modulačné napätie pomocou korekčného filtra v modulátore znižovalo úmerne s jeho kmitočtom. Tento nepriamy spôsob získania frekvenčne modulovaných signálov sa často používa, pretože fázová modulácia má oproti priamej frekvenčnej modulácii, v oscilátore nosného kmitočtu ω , výhodu v možnosti realizovať vysielač frekvenčne modulovanej nosnej vlny s vysokou stabilitou nosného kmitočtu ω . (modulácia sa robí mimo oscilátora nosného kmitočtu ω .) Čistá fázová modulácia sa v praxi používa len zriedka.

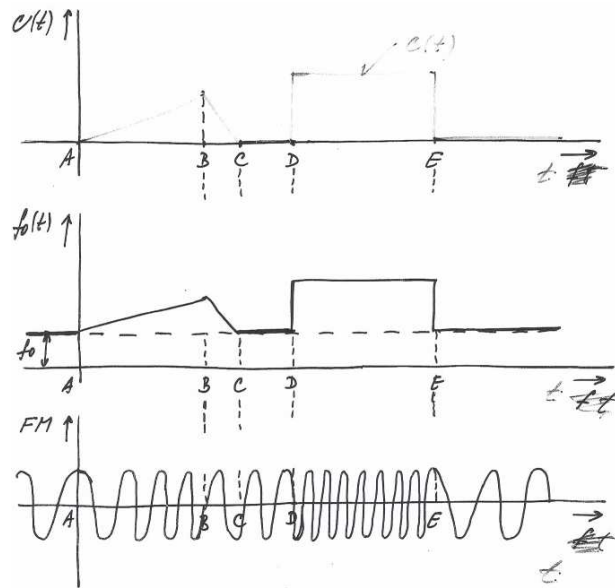
Frekvenčná modulácia: Pri frekvenčnej modulácii sa mení frekvencia nosnej vlny v rytme modulačného signálu. Amplitúda modulovanej vlny ostáva konštantná.

Pri frekvenčnej modulácii rozlišujeme tieto pojmy :

- kmitočet modulačného signálu $\Omega = 2\pi.F$

- kmitočet nosnej vlny $\omega = 2\pi.f$

$s(t)=A\cos(\omega_0t+ \beta\sin \omega t)$, $\beta=f_0/f$ – fázový zdvih



Výhody:

- možnosť vylúčenia porúch amplitúdového charakteru použitím obmedzovača amplitúdy v prijímači, pretože amplitúda neprenáša žiadnu zložku informácie
- jednoduchší modulátor a tým aj jednoduchší vysielač (modulácia sa môže robiť priamo v oscilátore nosného signálu)
- vysielač FM signálu je z hľadiska výkonu dobre využitý. Pri vhodnej veľkosti indexu modulácie M (okolo $M = 5$) klesá výkon nosného signálu skoro k nule a skoro všetka vysielaná energia je sústredená v postranných pásmach užitočných pre prenos informácie

- menšie vzájomné rušenie dvoch vysielačov, ktoré pracujú na rovnakom alebo blízkych nosných kmitočtoch
- lepší odstup užitočného signálu od hluku a šumu.

Nevýhody:

- zložitejší demodulátor
- potrebná podstatne väčšia šírka prenášaného pásma a tým možnosť použitia frekvenčnej modulácie len na frekvenčnom rozsahu veľmi krátkych vln.

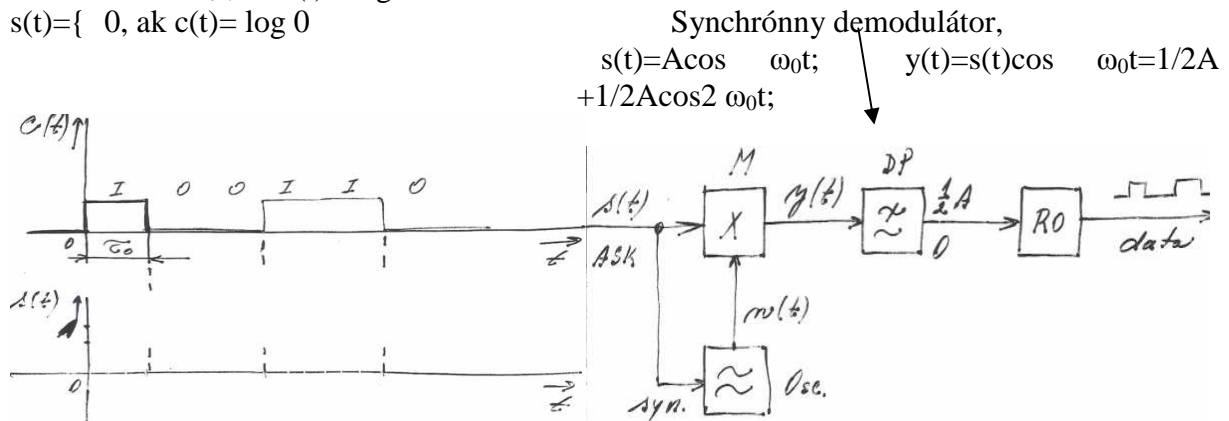
ASK: vlastnosti:

- jednoduchá realizácia modulátora aj demodulátora
- nízka odolnosť voči rušeniu (aditívny šum) – je citlivá na zmeny pomerov počas prenosu
- potrebný vysoký prenášaný výkon
- modifikácie smerujúca k zúženiu potrebného pren. pásma – potlačenie nosnej, jedno postranné pásmo (SSB)

$s(t)=c(t)A\cos \omega_0t$

$A \cos \omega_0t$, ak $c(t)= \log I$

$s(t)=\{ 0$, ak $c(t)= \log 0$

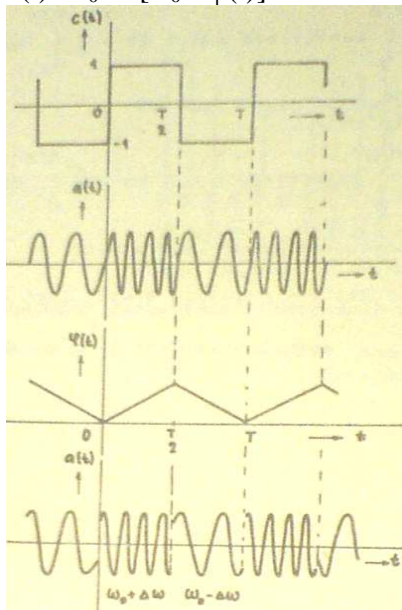


Vlastnosti FSK:

- modulácia s konštantnou amplitúdou, necitlivá na zmeny amplitúdy
- nižšia efektívnosť využitia prenosového pásma ako u ASK, resp. PSK
- existuje ešte tzv. úzkopásmová FM (index modulácie $\Delta F/f < 1$)
- $\Delta F = F_2 - F_1/2$ – frekvenčný zdvih (max. rozladenie nosnej frekvencie)
- f – frekv. modulačného sig. ($f_0 = 1/2v_m$)
- vyššia chybovosť ako u PSK

Model FM signálu vo všeobecnosti:

$$a(t) = A_0 \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$$

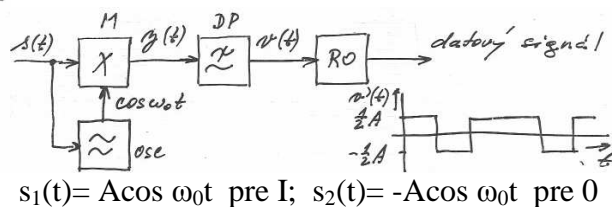
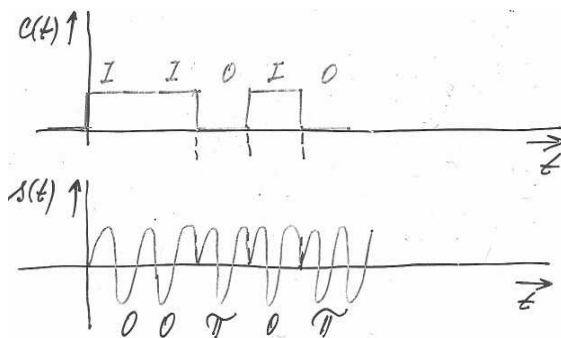


Obr. modulačného signálu $c(t)$, jej FM $a(t)$, $\varphi(t)$ priebežná fáza FM signálu (FR), $a(t)$ výsledný modulovaný signál

PSK:

$c(t) = 1 \rightarrow$ posun 0 rad
 $0 \rightarrow$ posun π rad

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \Phi_i); \quad \Phi_1 = 0[\text{rad}] \text{ pre } 1; \quad \Phi_2 = \pi[\text{rad}] \text{ pre } 0$$

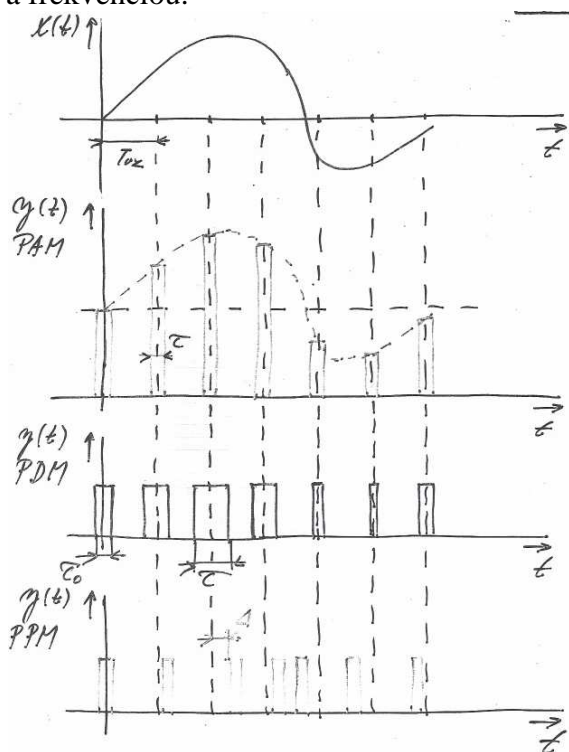


PAM, PDM, PPM, PFM – využívajú veľmi krátky impulz v porovnaní s časom medzi dvoma za sebou idúcimi impulzmi. Medzi tieto dva impulzy je možné potom umiestniť ďalší signál \rightarrow viacnásobný prenos s časovým delením, teda náš známy TDM, teda všetky tieto modulácie sa v tom využívajú. Základ týchto modulácií je teda vzorkovacia teoréma.

PAM: keďže využíva 2. druhy vzorkovania máme PAM1 a PAM2. Pri PAM závisia amplitúdy impulzov od veľkosti príslušných vzoriek modulačného signálu. V prípade PAM1 – vrcholové hodnoty impulzov sledujú modulačný signál. PAM2 – vrcholy impulzov sú konštantné a výška impulzov závisí od hodnoty modulačného signálu na začiatku príslušných vzoriek.

PDM: závisí šírka impulzov od veľkosti príslušných vzoriek, čiže sa mení v súlade so zmenou modulačného signálu. Vrcholová poloha impulzov a ich poloha vzhľadom na polohu vzoriek sa nemení. Pri PDM sa posúvajú obidve hrany každého impulzu rovnako.

PPM: tu sa pôsobením modulačného signálu mení časový posun (poloha, fáza) impulzov vzhľadom na polohu vzoriek, pričom veľkosť tohto posunu nezávisí od frekvencie modulačného signálu, ale len od veľkosti príslušných vzoriek. Vrcholová hodnota E a šírka impulzov sa nemenia. Signál PPM obsahuje jednosmernú zložku, zložku úmernú derivácii modulač. signálu a zložky zodpovedajúce jednak fázovej modulácii signálom $c(t)$, jednak amplitúdovej modulácii deriváciou signálu $c(t)$ každého násobku nosného signálu a frekvenciou.



Doterajšie spomenuté modulácie boli analógové. Pretože sa zaoberali väčšou spojitém premenným. Je však potreba v praxe aj nespojité (diskrétny) modulácie.

Pri číslicových moduláciách sa v každom intervale vzorkovania vytvorí kódové slovo vyjadrujúce veľkosť vzorky alebo diferenciu medzi veľkosťami vzoriek. Výsledkom je číslicový, zvyčajne binárny signál. Keďže používajú kvantovanie, vzniká aj kvantizačné skreslenie (šum) obnoveného signálu na prijímacej strane.

Výhody: - vysoká odolnosť voči rušivým signálom v dôsledku prenosu signálu pomocou dvojkového signálu

- podstatne menší vplyv hromadenia rušivých signálov pozdĺž prenosovej cesty
- prenosová cesta pre číslicový prenos nie je

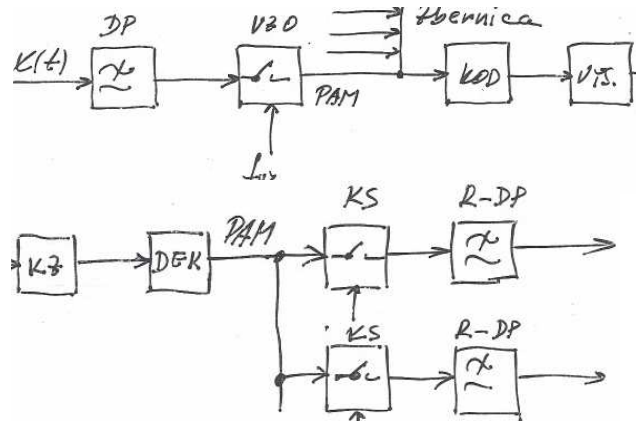
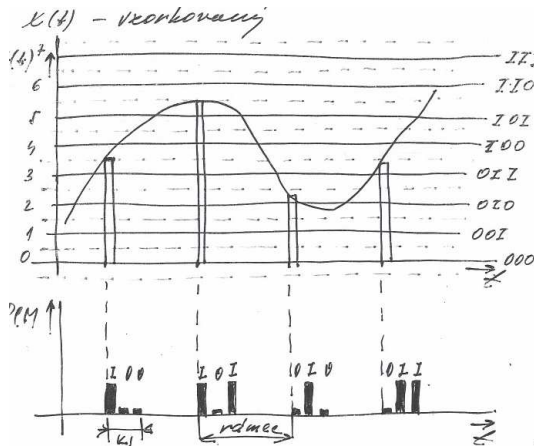
citlivá na lineárne a nelineárne skreslenie.

- mala súčiastky – miniaturizácia zariadení

Nevýhoda: vyžaduje rozšírenie frekvenčného spektra prenosovej cesty.

PCM: princíp spočíva, že prenášaný spojité signál sa vzorkuje podľa vzork. teorémy. Vzorky sa privedú do kvantizátora, ktorý priradí najbližšiu kvantizačnú úroveň. Každá úroveň je zakódovaná v kóderi skupinou impulzov. Kvantizer a kóder tvoria –A/D prevodník.

Dekóder v prijímači vykoná spätné priradenie medzi kódovými slovami a kvantovacími úrovňami (D/A prevodník). Dďalej obnovenie vzorkovacieho signálu. DP na vstupe obmedzuje spektrum vzorkovaného signálu a na výstupe vyhladzuje vzorkovaný signál.



Delta modulácia:

Tu sa využívajú len 2 kvantizačné úrovne, čiže kódové slovo má len 1 bit (1 bitová číslicová modulácia). Vzorkovacia frekvencia musí byť omnoho väčšia ako teoreticky minimálna frekvencia podľa vzorkovacej teóremy. Korelácia medzi susednými vzorkami je potom taká veľká, že nasledujúcu vzorku možno vo väčšine prípadov vyjadriť pomocou predchádzajúcej pričítaním alebo odčítaním kvantovacieho kroku Q . Prenosovým kanálom sa prenáša len údaj, či sa má pričítať alebo odčítať Q , čo svojimi hodnotami rozlíši 1 bit. Pri DM sa spojitý prenášaný signál $c(t)$ aproximuje stupňovitým signálom $s(t)$, ktorý približne zodpovedá prenášanému signálu $c(t)$.

Na vytvorenie aproximačnej funkcie $s(t)$ v prijímači pri znalosti Q a τ postačí informácia o tom, či je skok Q kladný alebo záporný. Ak je skok Q kladný – 1 – pripočítanie, ak záporný – 0 – odpočítanie.

