



Gradniki TK sistemov

Prenos signalov v višji frekvenčni legi

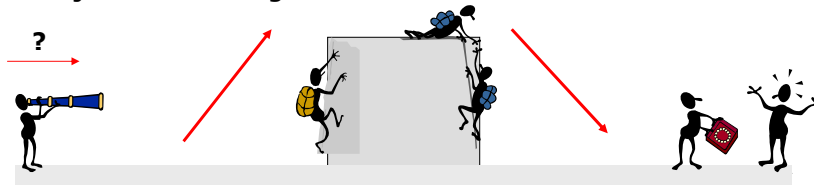


Vsebina

- Modulacija in demodulacija
- Vrste analognih modulacij
 - AM
 - PM
 - FM
- Primerjava spektrov analognih moduliranih signalov
- Mešalniki

Kdaj uporabimo modulacijo ?

- Frekvenčni pas, ki ga zaseda signal informacijskega izvora imenujemo **osnovni frekvenčni pas**. Signali analognih in digitalnih izvorov imajo navzgor omejen frekvenčni spekter, spodnja mejna frekvenca pa je lahko tudi 0 Hz.
- Če želimo prenašati signale v njihovem osnovnem pasu, moramo imeti na razpolago **prenosni medij**, ki to omogoča !
- Kdaj potrebujemo modulacijo ?
 - Fizični medij ni primeren za prenos v osnovnem pasu
 - Več uporabnikov uporablja isti prenosni medij
- **Modulacija** je postopek prestavitve informacijskih signalov v izbrano **višjo frekvenčno lego**:

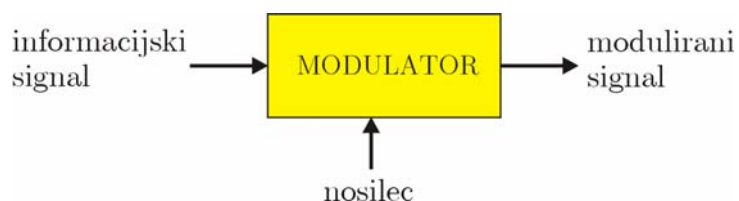


3

Kaj je modulacija ?

Modulacija je postopek, pri katerem modulacijski (informacijski) signal spreminja lastnosti pomožnega signala (nosilca).

- **modulacijski signal** je signal ki nosi informacijo
- **nosilec** je pomožni signal harmonične oblike
- **modulirani signal** na izhodu modulatorja nosi vso informacijo signala na vhodu modulatorja
- **modulator** je gradnik (HW ali SW), ki izvaja modulacijo:



4

Kaj je demodulacija ?

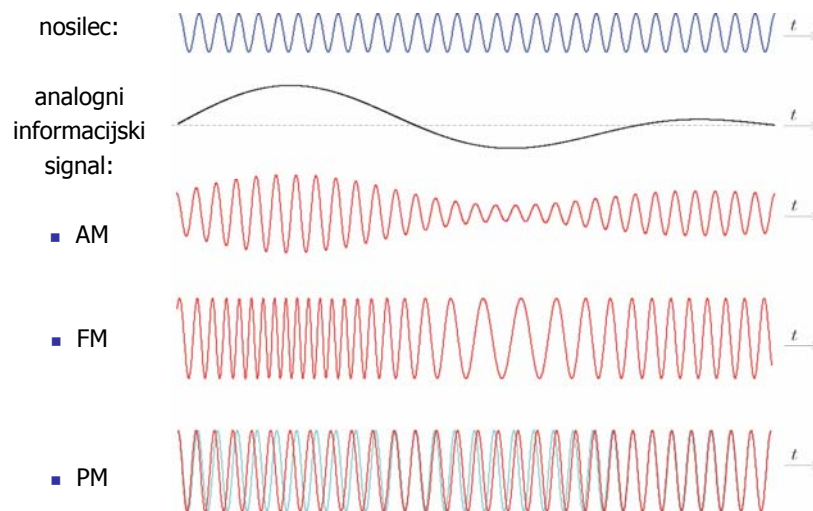
Demodulacija je obratni postopek modulaciji.

- **demodulator** je gradnik (HW ali SW), ki izvaja demodulacijo
- **demodulirani signal** v sprejemniku je v idealnem primeru enak modulatorskemu signalu v oddajniku.



5

Zgledi moduliranih signalov: AM, FM in PM



6

Amplitudna modulacija - AM

- Amplituda nosilca je sorazmerna modulijskemu signalu
- Ločimo več vrst analognih AM, ki se razlikujejo po širini spektra in po zahtevnosti prenosne opreme
 - AM-DSB-LC (Double Side Band , Large Carrier): + enostavna demodulacija , - večina moči je namenjena prenosu nosilca,
 - AM-DSB-SC (Double Side Band, Suppressed Carrier)
 - AM-SSB (Single side band) + potrebuje najožji frekvenčni pas !
- AM ++ Frekvenčni pas, ki ga potrebujemo za prenos je pri AM najožji !
- AM - - Na kvaliteto zveze močno vplivata šum in nelinearno popačenje!

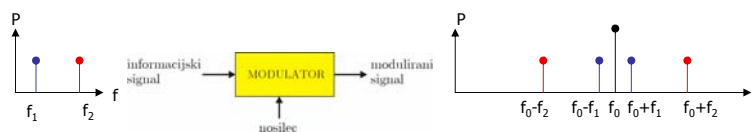
$$U_{AM}(t) = U_0 m(t) \cos(2\pi f_0 t)$$



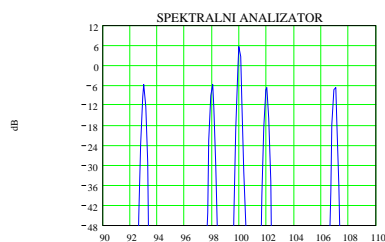
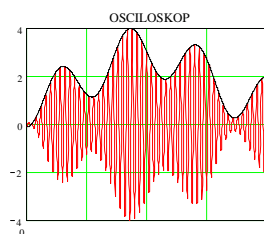
7

Spekter AM

dvobočni AM z nosilcem: AM-LC



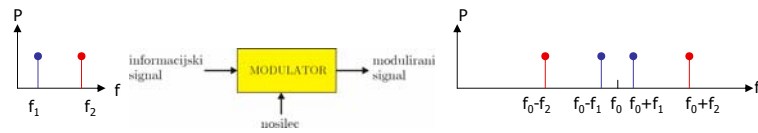
zglede: $f_1=2$, $f_2=7$, $f_0=100$ [Hz, kHz, MHz]



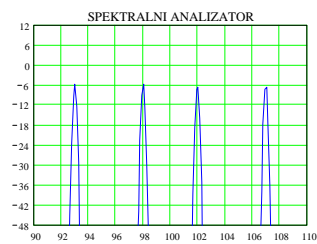
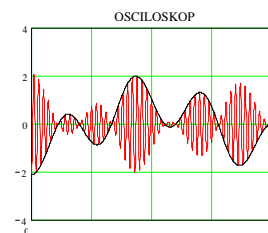
8

Spekter AM

dvobočni AM brez nosilca: AM-SC



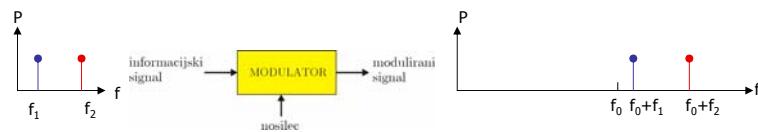
zgled: $f_1=2$, $f_2=7$, $f_0=100$ [Hz, kHz, MHz]



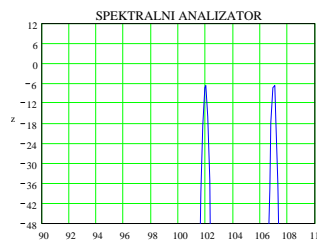
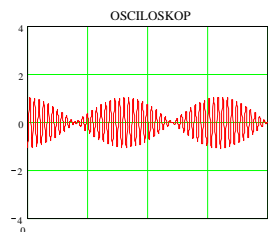
9

Spekter AM

enobočni AM : AM-SSB



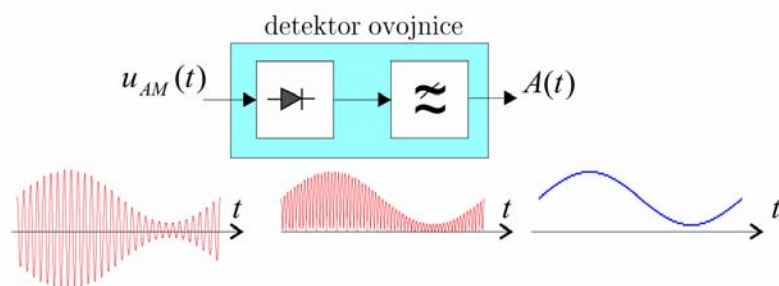
zgled: $f_1=2$, $f_2=7$, $f_0=100$ [Hz, kHz, MHz]



10

Demodulacija AM signala

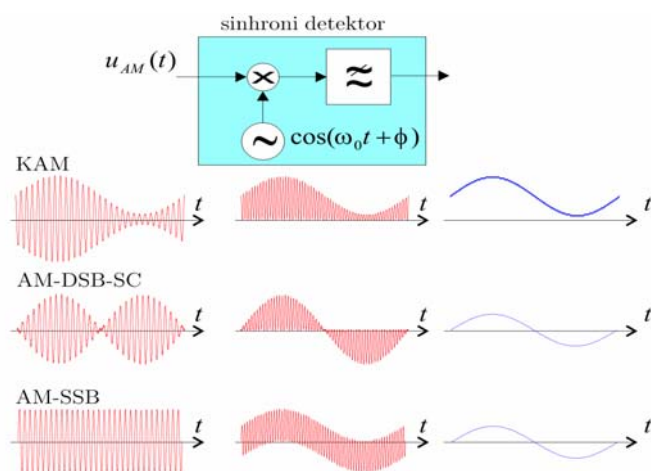
- demodulator za KAM



11

Demodulacija AM signala

- demodulator za AM-LC (KAM), AM-SC in AM-SSB

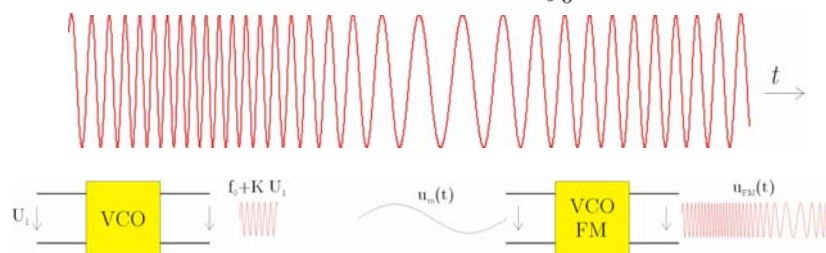


12

Frekvenčna modulacija - FM

- Trenutna frekvenca FM signala je sorazmerna amplitudi informacijskega signala
- Amplituda FM signala se ne spreminja !
- FM signal ni občutljiv na nelinearna popačenja !

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

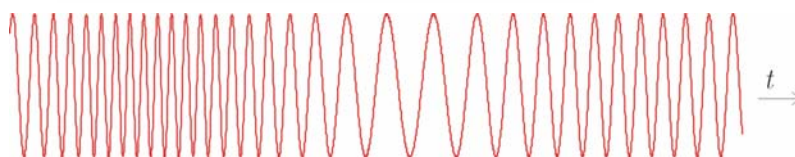


13

Načrtovanje spektra FM

- Ločimo **širokopasovni FM** in **ozkopasovni FM**:
 - pri širokopasovnem FM so spremembe trenutne frekvenca FM signala mnogo večje od frekvenc informacijskega signala, širino spektra FM določa maksimalna sprememba trenutne frekvenca;
 - pri ozkopasovnem FM so spremembe trenutne frekvenca FM signala manjše ali enake frekvencam informacijskega signala, širina spektra FM signala je primerljiva s pasovno širino informacijskega signala;
- Širokopasovni frekvenčno modulirani signal je mnogo manj občutljiv na amplitudne motnje kot amplitudno modulirani signal, cena za boljše kvaliteto pa je povečana pasovna širina

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(\tau) d\tau)$$



14

Analiza spektra FM

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

testni signal je
sinusne oblike:

$$\begin{aligned} u_m(t) &= U_m \cos \omega_m t \\ m(t) &= \cos \omega_m t \\ \int m(t) dt &= \frac{\sin \omega_m t}{\omega_m} \end{aligned}$$

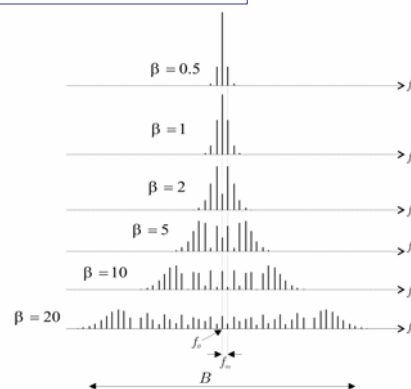
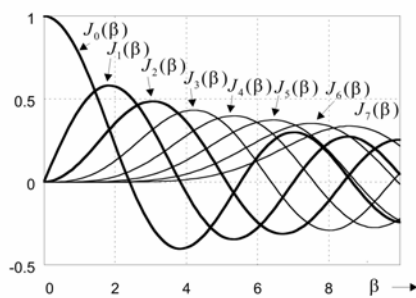
$$\begin{aligned} U_{FM}(t) &= U_0 \cos(\omega_0 t + \beta \sin \omega_m t) \\ \beta &= \frac{\Delta \omega}{\omega_m} \end{aligned}$$

beta=modulacijski indeks

15

Analiza spektra FM

$$U_{FM}(t) = A \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) \cos(\omega_0 + n\omega_m)t$$

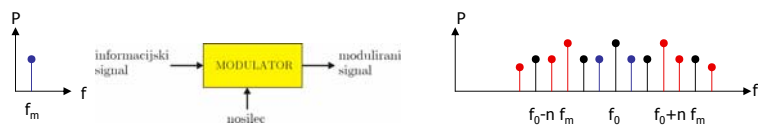


$$B \approx 2(f_m + \beta f_m)$$

16

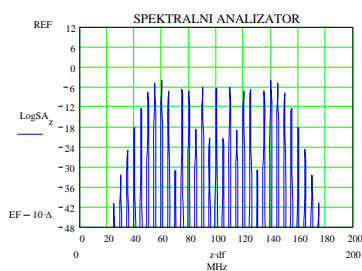
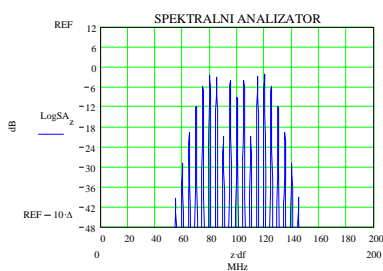
Spekter FM

širokopasovni FM



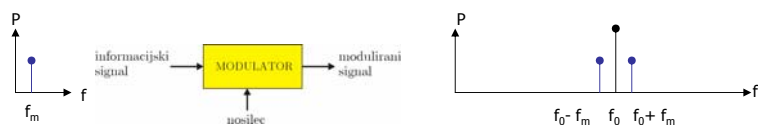
Zgled 1: $f_m=5, \beta=5, f_0=100$

Zgled 2: $f_m=5, \beta=10, f_0=100$



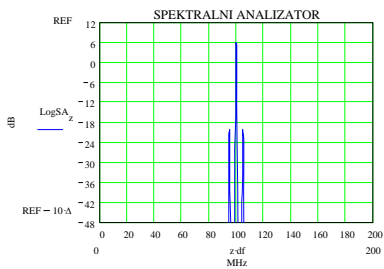
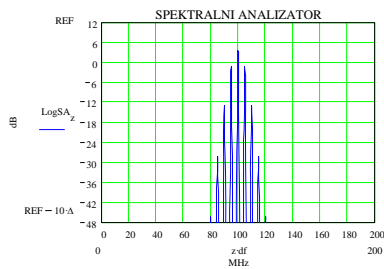
Spekter FM

ozkopasovni FM



Zgled 1: $f_m=5, \beta=1, f_0=100$

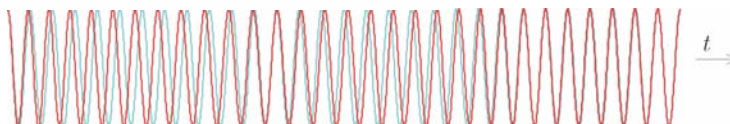
Zgled 2: $f_m=5, \beta=0.1, f_0=100$



Fazna modulacija - PM

- Trenutna faza PM signala je sorazmerna informacijskemu signalu
- Amplituda PM signala se ne spreminja !
- PM signal ni občutljiv na nelinearna popačenja !

$$U_{PM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + \Delta\phi m(t))$$

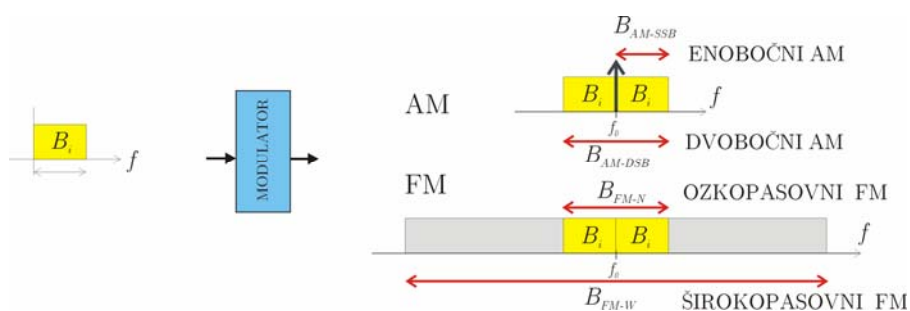


- Postopek fazne modulacije je zelo podoben postopku frekvenčne modulacije, spektra sta primerljiva, obstaja preprosta matematična povezava med signali:



19

Spektri analognih moduliranih signalov

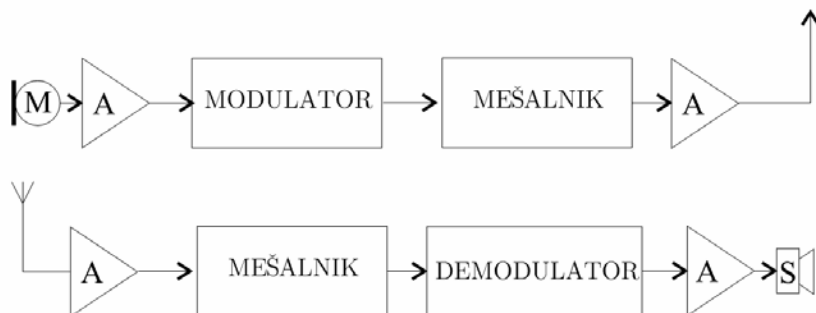


- Širina spektra moduliranega signala določa potrebno frekvenčno širino prenosnega kanala !
- Pasovna širina moduliranega signala ne more biti manjša od pasovne širine modulacijskega signala !

20

Prenos v višji frekvenčni legi

- osnovni model:

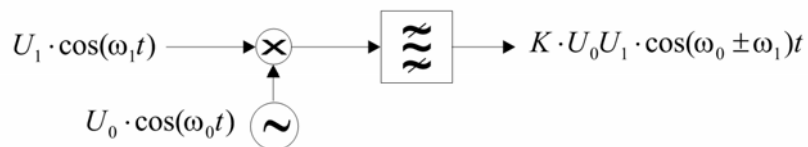


sprejemnik z mešalnikom = heterodinski sprejemnik

21

Mešalnik

- mešalnik z množilnikom

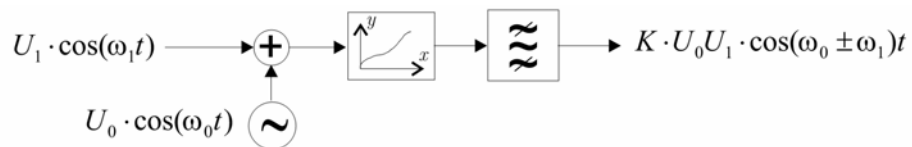


$$u_1(t)u_0(t) = \frac{1}{2}U_1U_0(\cos(\omega_0 + \omega_1)t + \cos(\omega_0 - \omega_1)t)$$

22

Mešalnik

- mešalnik z nelinearnim elementom



$$y_2 = a_2(x_1 + x_2)^2 = a_2x_1^2 + \underline{2a_2x_0x_1} + a_2x_2^2$$

23

Mešalnik

MOTILNI VPLIVI :

- ZRCALNA FREKVENCA
- MEŠALNI PRODUKTI (ADD.M.)
- INTERMODULACIJSKO POPAČENJE
- KRIŽNA MODULACIJA

24