

Frekvenčna modulacija - FM

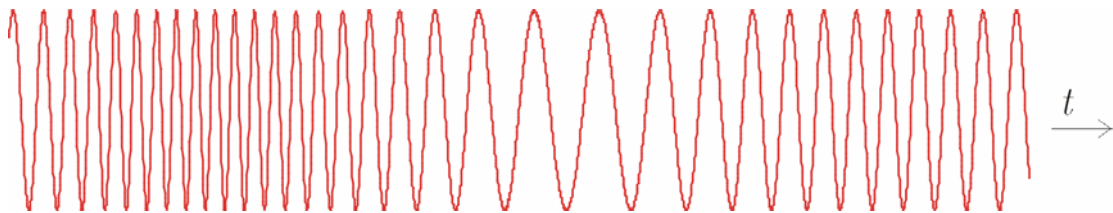
GTK

2. sklop vaj

Uvod

- Trenutna frekvenca FM signala je sorazmerna amplitudi modulatorskega signala
- Amplituda FM signala se ne spreminja !

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



Analiza spektra FM signala

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

- Enofrekvenčni testni signal:

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

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

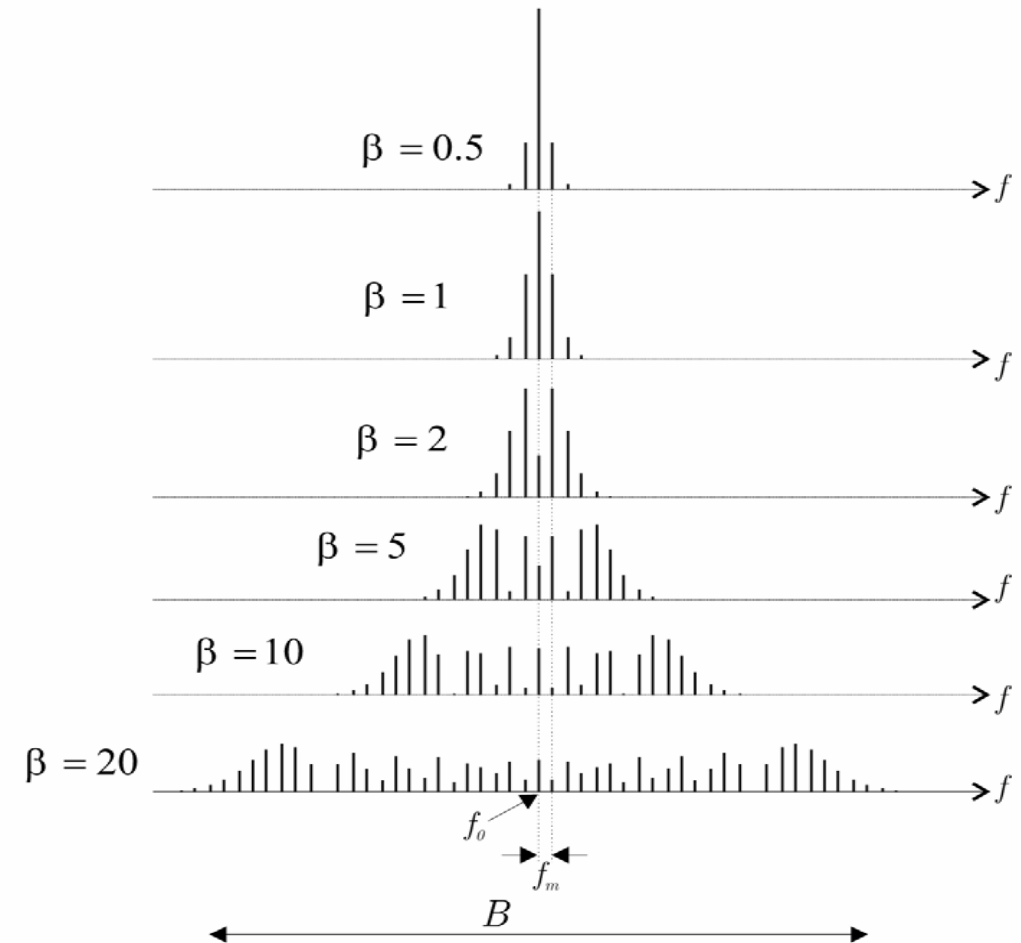
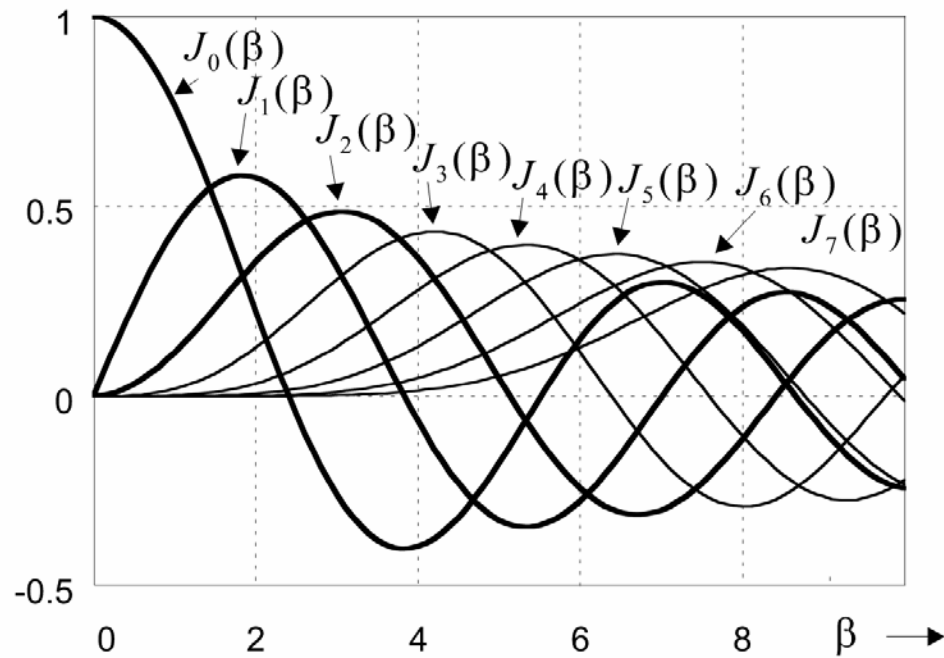
- β =modulacijski indeks

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

- Približna ocena pasovne širine:

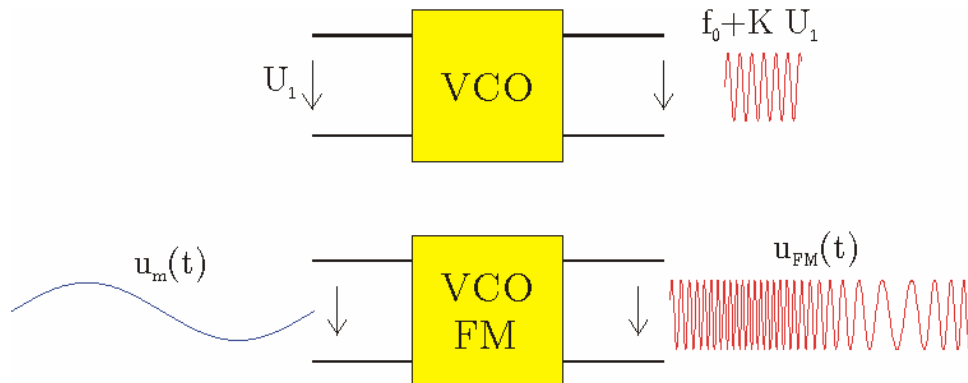
$$B \approx 2(f_m + \beta f_m)$$

Spekter FM signala

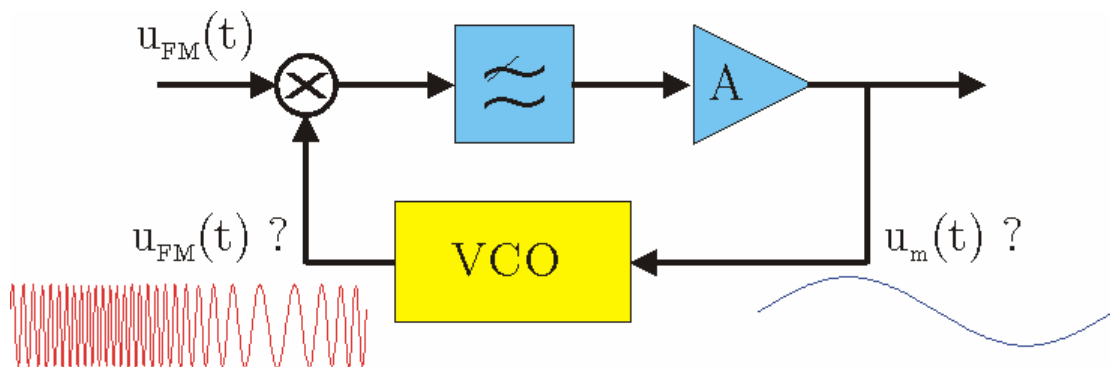


Frekvenčni modulator in demodulator

- Napetostno krmiljeni oscilator **VCO** je frekvenčni modulator:



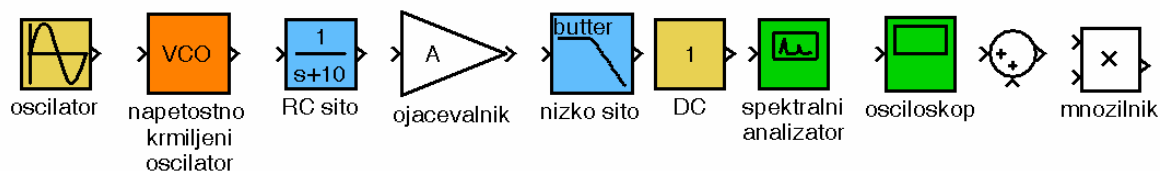
- Demodulator s fazno ujeto zanko **PLL**:



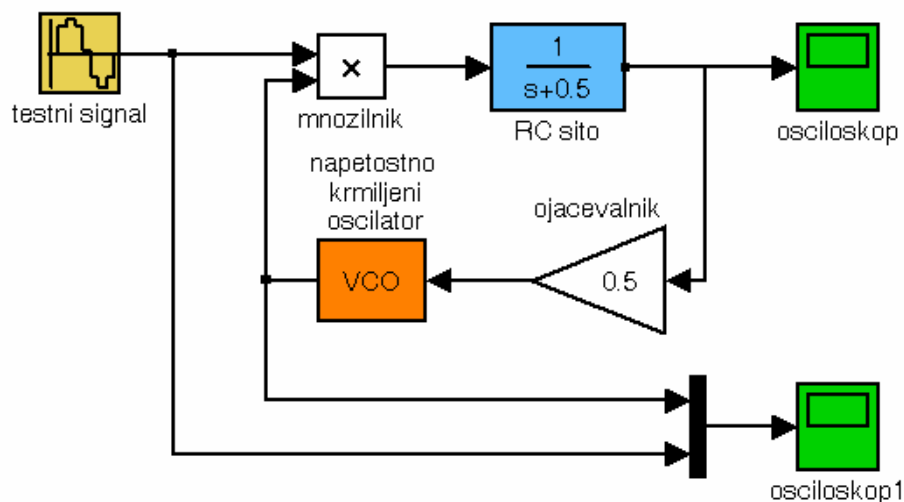
Naloga A

Modeliranje s Simulinkom

- Z elementi knjižnice sestavite frekvenčni modulator z VCO in frekvenčni demodulator s fazno ujeto zanko (PLL) !



- zgled: PLL z elementi knjižnice v Simulinku:

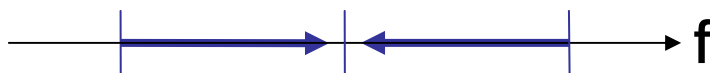


- Izmerite sledilno območje in lovilno območje fazno ujete zanke:

- sledilno območje (lock range)



- lovilno območje (capture range)



1. Za kaj vse uporabljamo napetostno krmiljen oscilator (VCO) pri FM?
2. Kako uporabimo VCO za demodulacijo FM signala?
3. Kakšno mora biti nizko sito v PLL zanki?
4. Kolikšen mora približno biti modulationski indeks β , da v frekvenčnem spektru FM ne bo druge spektralne komponente.

Naloga B

Sistem z moduli TIMS

- sestavite in preverite delovanje FM modulatorja (VCO)
- sestavite fazno ujeta zanko (PLL)
- z dvema sistemoma TIMS sestavite par FM oddajnik - FM sprejemnik in preverite brezžični prenos testnega signala in glasbe.

FM z moduli TIMS

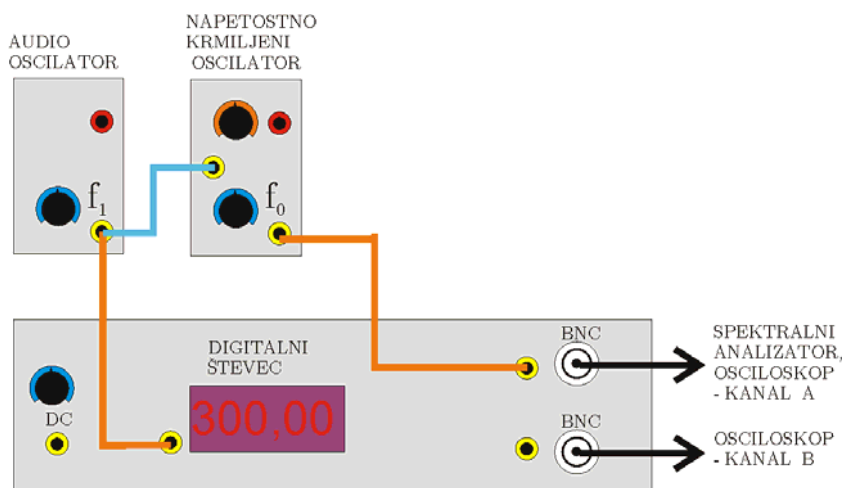
➤ Izmerite lastnosti napetostno krmiljenega oscilatorja (VCO).

- Z napetostno krmiljenim oscilatorjem generirajte FM signal.

Nastavite parametre FM signala:

- frekvenca nosilca $f_0=10\text{kHz}$,
- frekvenca testnega modulacijskega signala $f_m=300\text{Hz}$,
- modulacijski indeks $\beta=1$, $\beta=5$, $\beta=10$

- Izmerite spekter FM signala in preverite ujemanje rezultatov z izračunanim potekom !



PLL z moduli TIMS

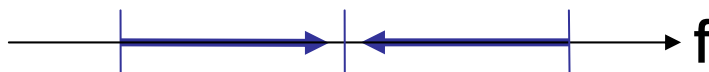
➤ Izmerite sledilno območje in lovilno območje fazno ujete zanke:

- Frekvenco VCO nastavite na $f_c = 5 \text{ kHz}$
- Spreminjajte frekvenco avdio oscilatorja in pri stalnem k (GAIN) izmerite lovilno in sledilno območje VCO

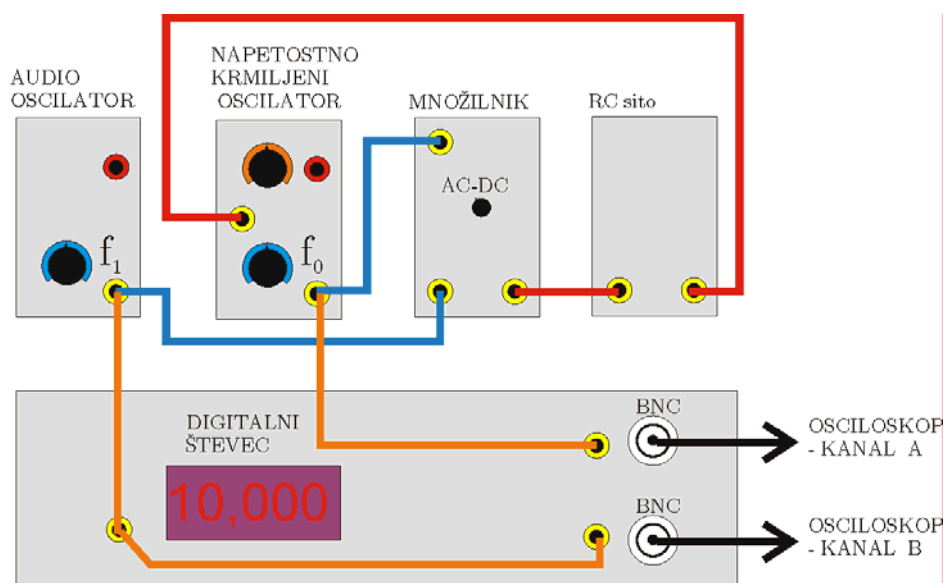
sledilno območje (lock range)



lovilno območje (capture range)



➤ Fazno razliko med signali na vhodu množilnika izmerite na osciloskopu !



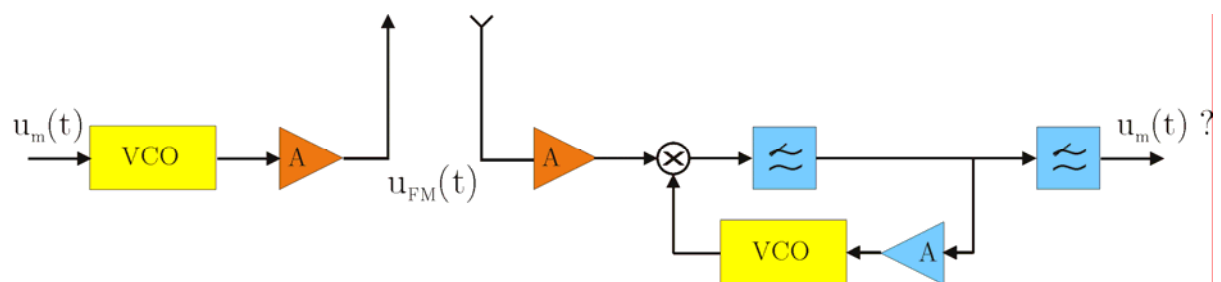
Oddajnik in sprejemnik z moduli TIMS

- Z dvema sistemoma TIMS sestavite par FM oddajnik in FM sprejemnik, in preverite brezžični prenos testnega signala in glasbe!

Nastavite parametre FM signala na oddajniku:

- frekvenca nosilca $f_0=100$ kHz ,
- frekvenčna deviacija $\Delta f=10$ kHz,
- frekvenca testnega modulacijskega signala $f_m=1000$ Hz

- V sprejemniku sestavite FM demodulator s fazno ujeto zanko. Frekvenco prostotekečega oscilatorja nastavite na $f_0=100$ kHz.



5. Kakšna je razlika med lovilnim in sledilnim območjem fazno ujete zanke (PLL)?

6. Kakšen je bil postopek testiranja za prenos FM signala preko anten na sistemu TIMS?

Dodatek

Nastavitev modulacijskega indeksa β na TIMS-u

1. Nastavimo VCO na centralno frekvenco $f_c = 10 \text{ kHz}$
2. Avdio oscilator nastavimo na modulacijsko frekvenco $f_m = 300 \text{ Hz}$
3. Na osciloskopu pomerimo amplitudo modulacijskega signala $u_m(t)$, ki jo označimo z U_m
4. Nastavimo vrednost enosmerne napetosti DC na pomerjeno amplitudo modulacijskega signala $u_m(t)$, $DC = U_m$
5. Enosmerno napetost $DC = U_m$ damo na vhod VCO
6. Na VCO spreminjamo ojačanje (GAIN) toliko časa, da dobimo želeno vrednost modulacijskega indeksa β , ki ga odčitamo preko izhodne frekvence VCO (glej izpeljavo spodaj).

$$\Delta f = f_c - f_{VCO} = \beta f_m$$

$$f_{VCO} = f_c - k U_{vh} \quad (U_{vh} = U_m = DC, k = \text{GAIN})$$

f_{VCO} merimo

Na primer, za $\beta = 5$ velja:

$$\Delta f = \beta f_m = 5 * 300 \text{ Hz} = 1500 \text{ Hz}$$

$$f_{VCO} = f_c - \Delta f = 10 \text{ kHz} - 1500 \text{ Hz} = 8500 \text{ Hz}$$

Torej, ojačanje VCO spreminjamo toliko časa, da na izhodu VCO dobimo 8500 Hz. Takrat bo pri podanih pogojih modulacijski indeks β ravno enak 5.

7. Sedaj na vhod VCO namesto enosmerne napetosti $DC = U_m$ damo modulacijski signal $u_m(t)$.
8. Na izhodu VCO dobimo FM signal z modulacijskim indeksom β .