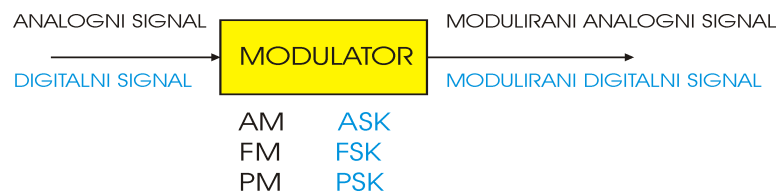


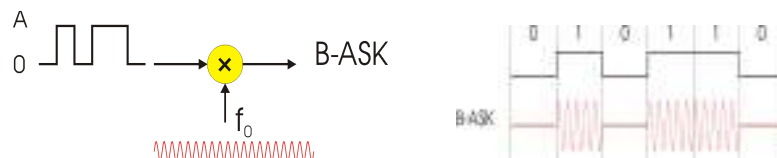
## IV. DIGITALNE MODULACIJE

Osnovni binarni digitalni modulacijski postopki so zelo podobni analognim modulacijskim postopkom. Razlika med analogno modulacijo in digitalno modulacijo je v interpretaciji signalov na vhodu in izhodu modulatorja:

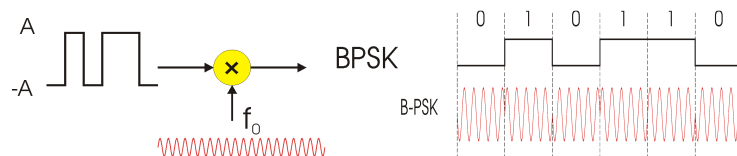


Ker je informacija zapisana v obliki niza končnega števila simbolov, so za digitalno modulirane signale značilne hitre spremembe ali skoki (shift-keying) amplitude (ASK), frekvence (FSK) ali faze (PSK). Binarni digitalni modulacijski postopki BASK, BPSK in BFSK uporabljajo samo par različnih znakov  $M=2$ .

**BASK** signal pridobimo preprosto z množenjem unipolarnega binarnega podatkovnega signala in harmoničnega nosilca:

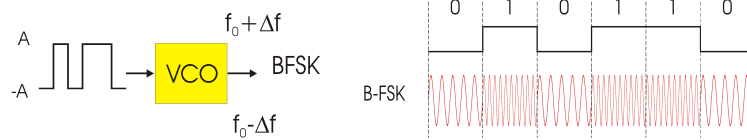


Na zelo podoben način generiramo binarni fazno modulirani signal **BPSK**. Harmonični nosilec v tem primeru množimo z bipolarnim podatkovnim signalom:

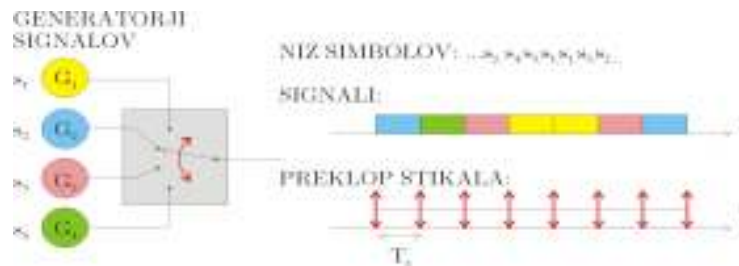


Razlika med BASK in BPSK izhaja samo iz vhodnega signala: unipolarni signal ima informacijo zapisano v amplitudi (0,A), bipolarni signal pa v fazi (+A, -A)!

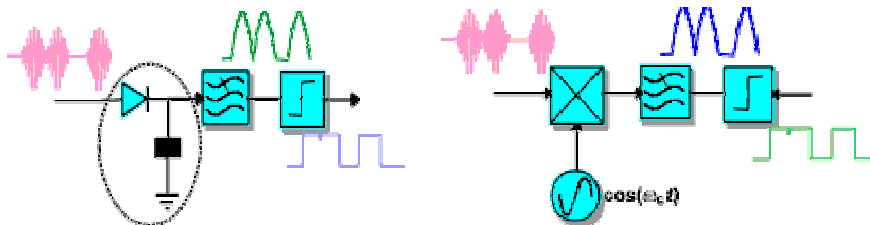
Binarni frekvenčno modulirani signal pridobimo na izhodu krmiljenega oscilatorja (VCO, NCO), ki je že v osnovi frekvenčni modulator. Binarni signal na vhodu je lahko unipolaren ali bipolaren, razlika pa nastopi v nastavitvah frekvenčne deviacije  $\Delta f$  in centralne frekvence  $f_0$ .



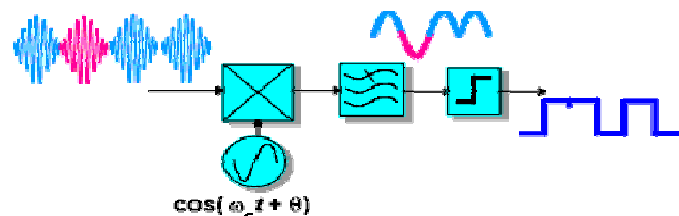
Digitalni modulator lahko ponazorimo z univerzalnim nelinearnim modelom digitalnega oddajnika, kjer s stikalom preklapljamo med  $M$  signali različnih generatorjev. Pozicijo stikala upravlja ustrezno kodirani podatkovni signal. Osnovni digitalni modulatorji uporabljajo harmonične signale, ki se razlikujejo v amplitudi, frekvenci ali fazi.



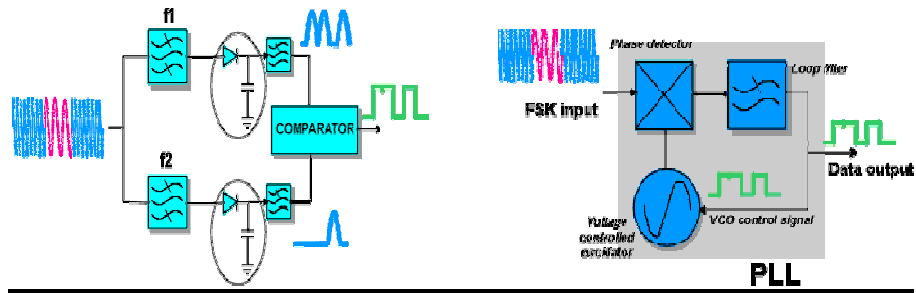
**BASK** signal lahko demoduliramo z detektorjem ovojnice, ali pa s sinhronim detektorjem. V drugem primeru (slika spodaj, desno) potrebujemo pomožni signal nosilca v sprejemniku.



Za demodulacijo **BPSK** signala potrebujemo koherentni izvor nosilca v sprejemniku, podobno kot za demodulacijo analognega AM signala brez nosilca:



**BFSK** signal lahko demoduliramo z dvema ASK demodulatorji, ki sta uglasena na različni centralni frekvenci ( $f_1$ ,  $f_2$ ). Uporabimo lahko tudi demodulator s fazno ujeto zanko (slika desno spodaj).

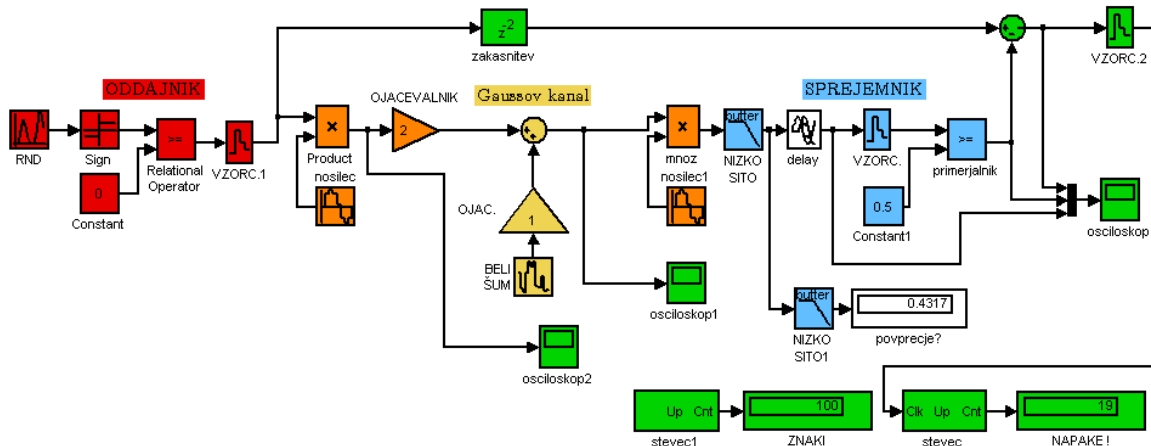


### NALOGE:

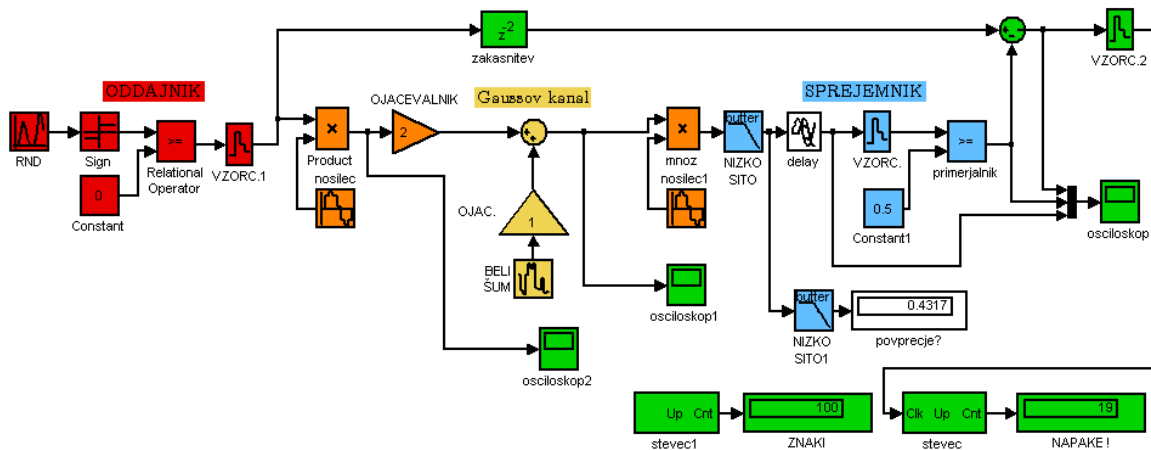
Preverite delovanje prenosnih sistemov, ki uporabljajo binarne modulacije ASK, PSK in FSK . Na kanalu z belim Gaussovimi šumom ugotovite, kako je kvaliteta zveze odvisna od razmerja moči signala in moči šuma. Naloge rešite eksperimentalno na simulatorju z elementi knjižnice Simulink in z električnimi eksperimentalnimi moduli sistema TIMS!

## A) Z elementi knjižnice Simulink sestavite prenosni sistem:

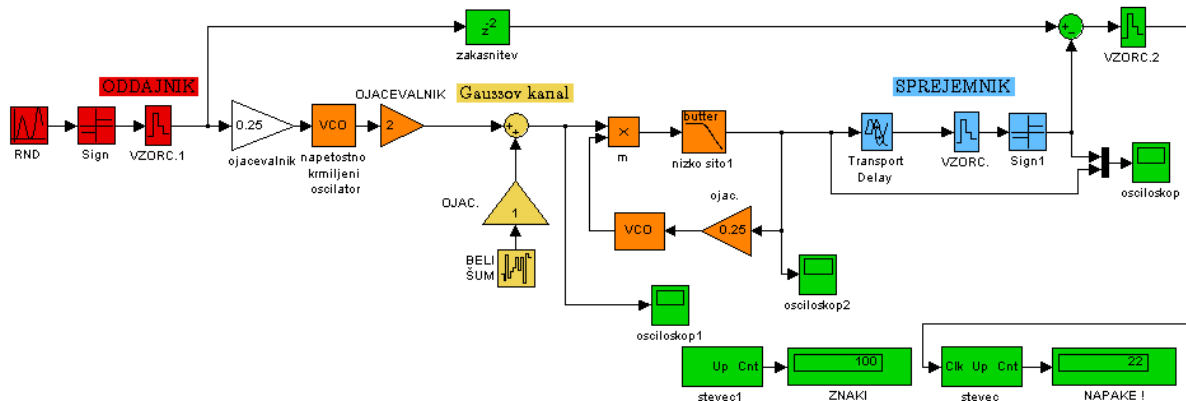
### BASK



### BPSK



### BFSK



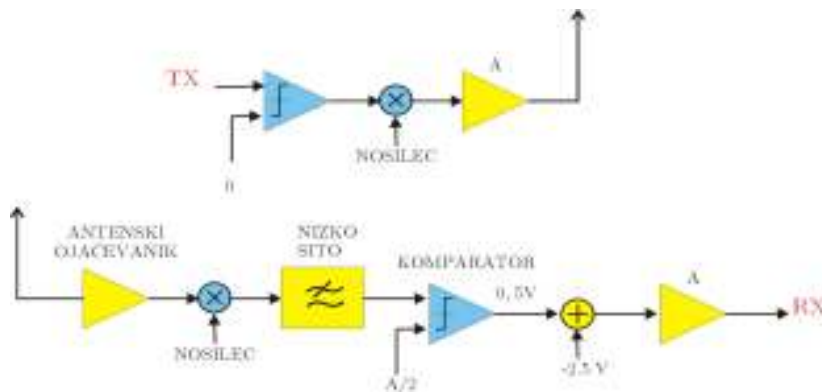
- gostoto šuma nastavite tako, da je efektivna vrednost v pasu  $2f_s$  enaka 1.
- v sprejemniku izberite nizko sito z mejno frekvenco  $f_{zg} = f_s = 1\text{Hz}$ .
- signal vzorčite v točkah, kjer je oko najbolj odprto !
- izmerite relativno število napak (BER) v odvisnosti od amplitude signala  $A=2, 4 \dots$

Primerjajte potek BER (SNR) za vse tri sisteme: BASK, BPSK in BFSK !

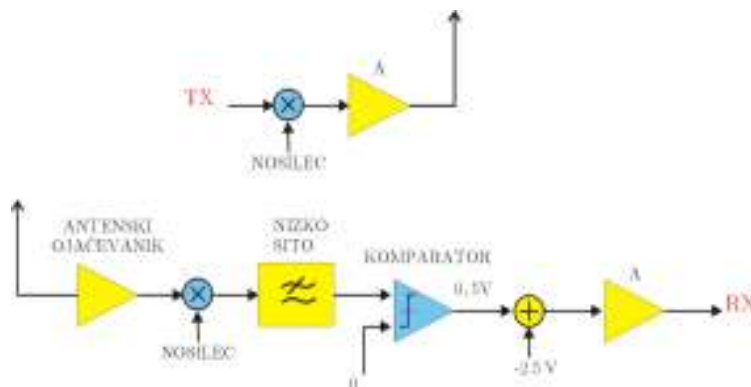
A) Z moduli TIMS sestavite oddajnik in sprejemnik in nastavite parametre:

- simbolna hitrost  $f_s=1200, 2400, 4800\text{Hz}$ ,
- amplituda signala v oddajniku:  $X=5V$ ,
- mejno frekvenco nizkega sita v sprejemniku nastavite na  $f_s$  !

**BASK:** nastavite frekvenco nosilca:  $f_0= 100\text{kHz}$



**BPSK:** nastavite frekvenco nosilca:  $f_0= 100\text{kHz}$



**BFSK:** nastavite frekvenci  $f_1= 95\text{kHz}$ ,  $f_2= 105\text{kHz}$

