



Izvještaj za 2. zadaću

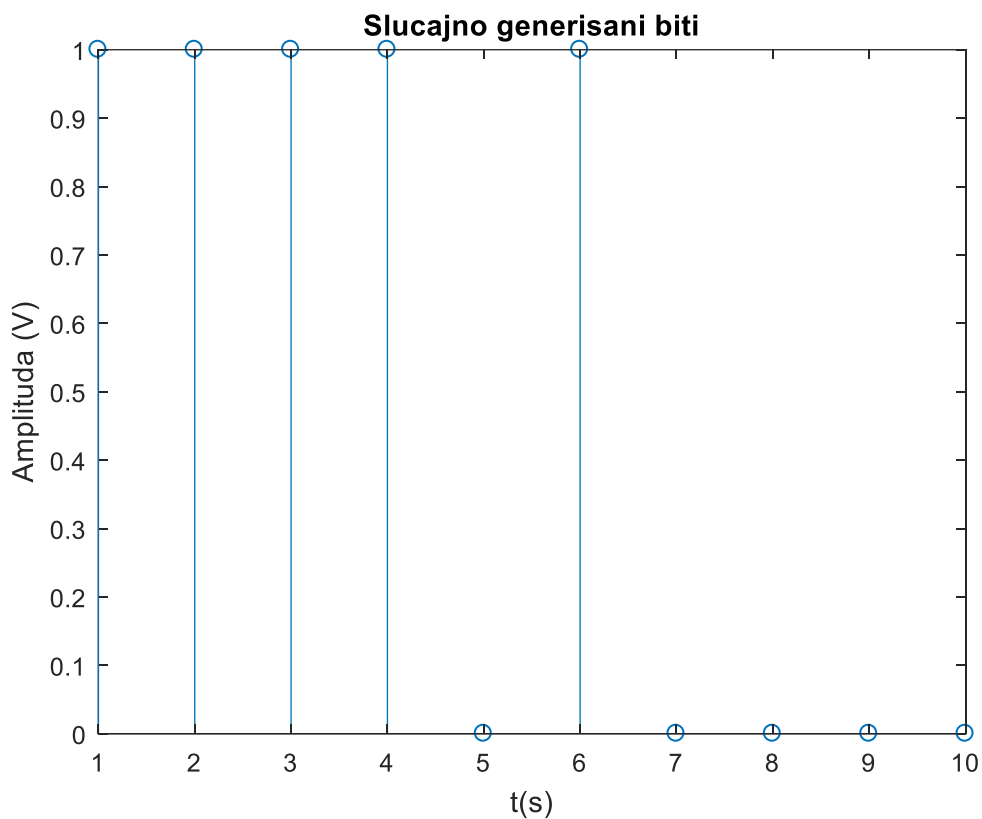
Digitalne telekomunikacije

Student: Ernad Kovačević

Tuzla, juni/lipanj 2021.

1. TX

Blok TX predstavlja blok za kreiranje slučajnih bita brzinom 1Mbps.

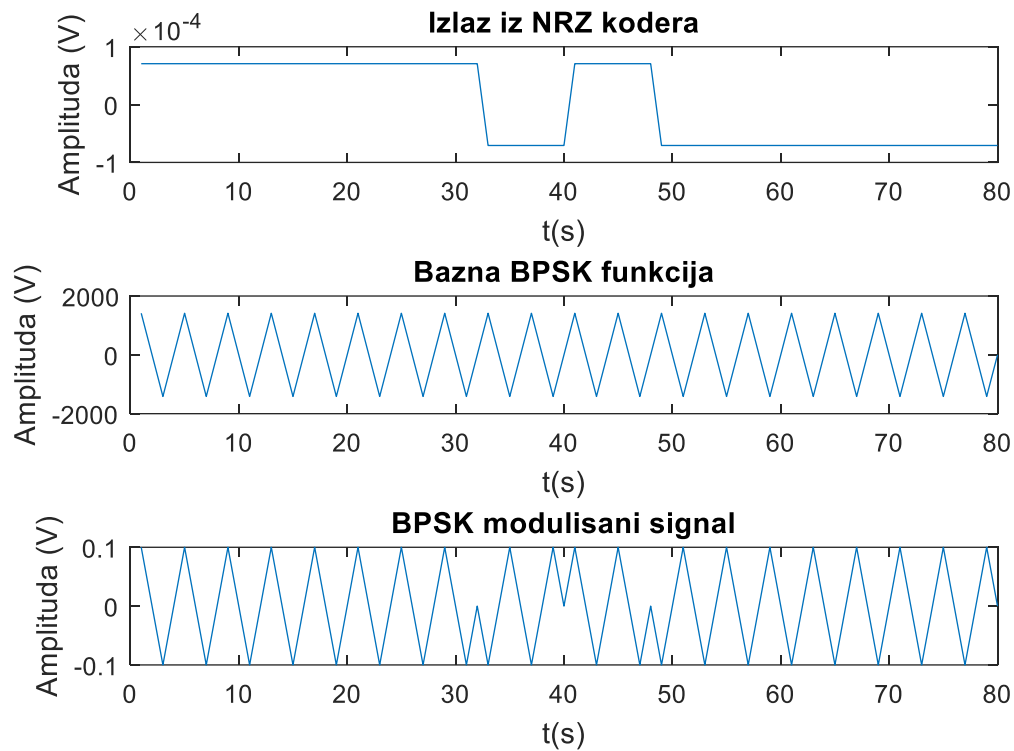


Slika 1.1. Prikaz prvih 10 slučajno generisanih bita od $1e5$

2. BPSK MODULACIJA

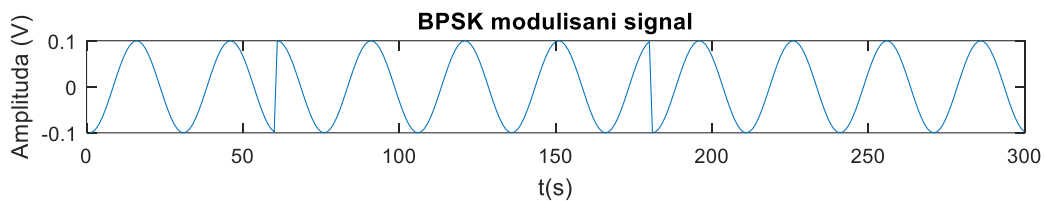
Kod BPSK modulacije potrebno je prvo izvršiti NRZ kodiranje ulazne sekvence pri čemu je amplituda $A_c=0.1$ koju množimo sa baznim koeficijentima. Nakon što izvršimo NRZ kodiranje, dobijeni signal množimo sa baznom funkcijom i dobijamo BPSK modulisan signal.

Na slici ispod prikazan je izlaz iz NRZ koda, BPSK bazna funkcija i BPSK modulisan signal.



Slika 2.1. Prikaz izlaznog signala iz NRZ koda, BPSK bazna funkcija i BPSK modulisan signal

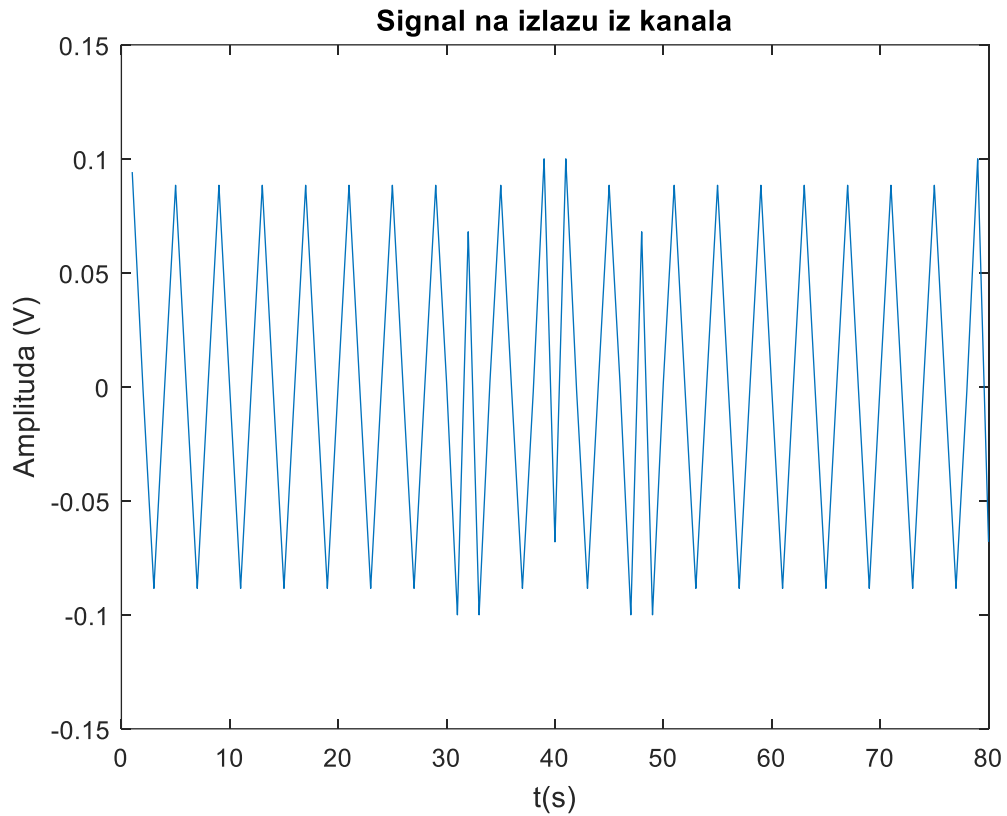
Bazna funkcija i BPSK modulisan signal imaju trougaoni oblik zbog malog broja tačaka ($f_s=4*f_c$). Kada bi postavili da je $f_s=30*f_c$ dobili bi sinusni signal.



Slika 2.2. BPSK modulisani signal za $f_s=30*f_c$ (druge vrijednosti ulaznih bita)

3. KANAL

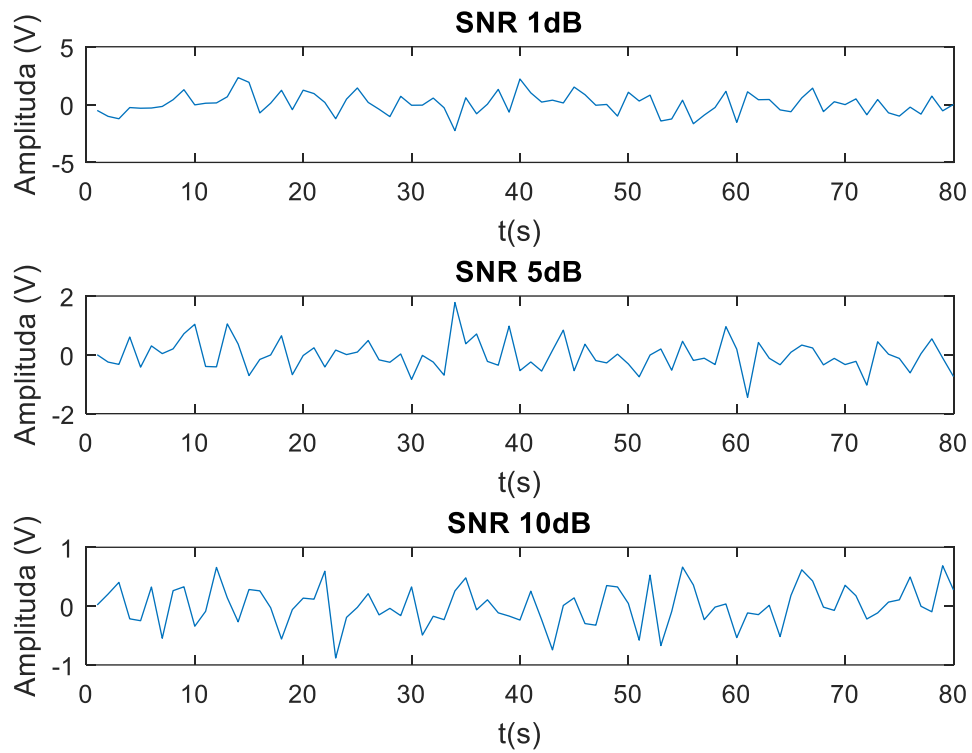
Sljedeći blok kanal čiji impulsni odziv je dat i ima srednju vrijednost 0. Kanal unosi određeno izobličenje signala, to u simulaciji postizemo konvolucijom impusnog odziva i modulisanog signala. Potrebno je odbaciti 3 uzorka sa kraja i početka.



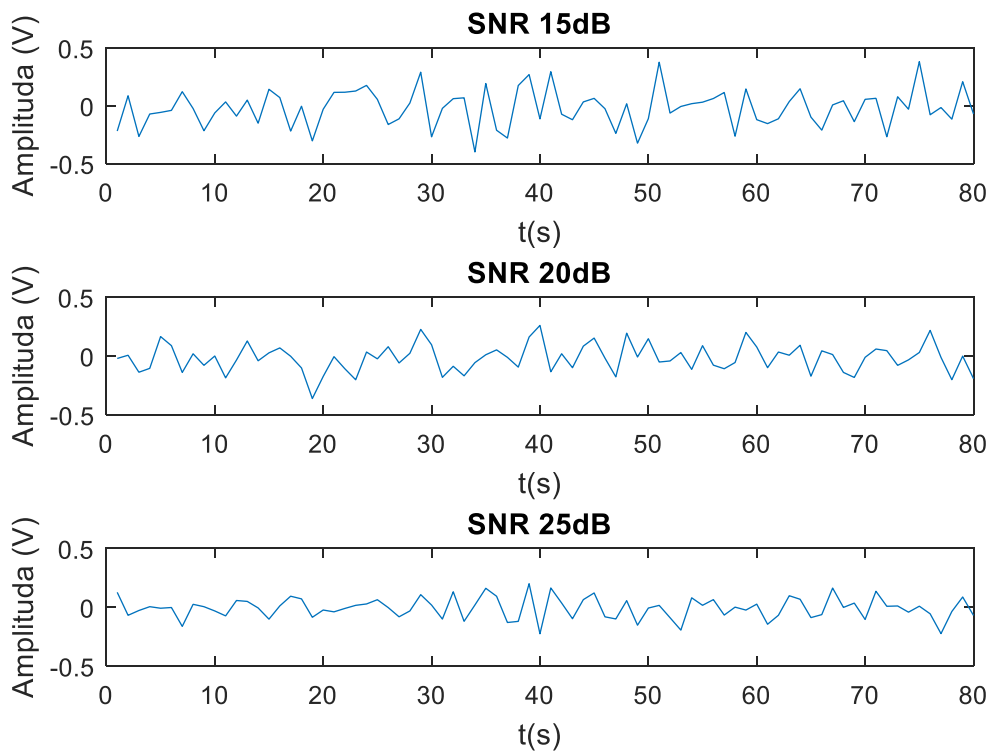
Slika 3.1. Prikaz signala na izlazu iz kanala

4. AWGN

U bloku AWGN na signal se dodaje šum [1 5 10 15 20 25] koji ga dodatno izobličava. Što je manji SNR to je veće izobličenje. Funkciju koju smo za to koristili je **awgn(signal,SNR)**. Na slikama ispod je prikazan signal kada na njega djeluje SNR različitih vrijednosti.



Slika 4.1. Prikaz signala kada na njega djeluje SNR od 1,5 i 10 dB

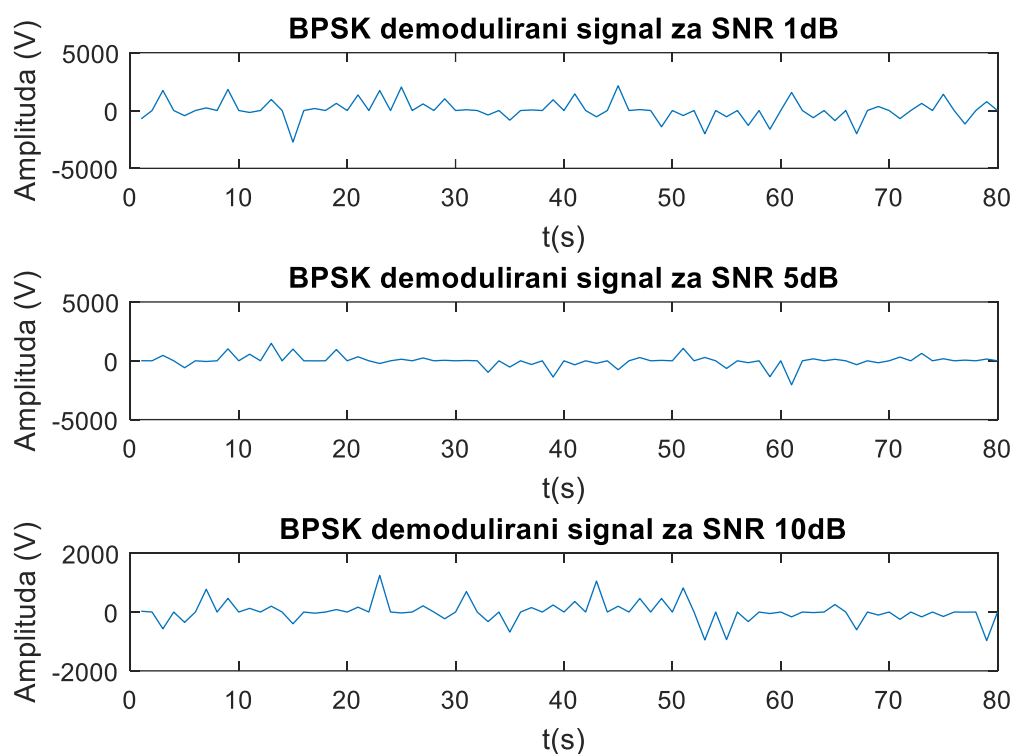


Slika 4.1. Prikaz signala kada na njega djeluje SNR od 15,20 i 25 dB

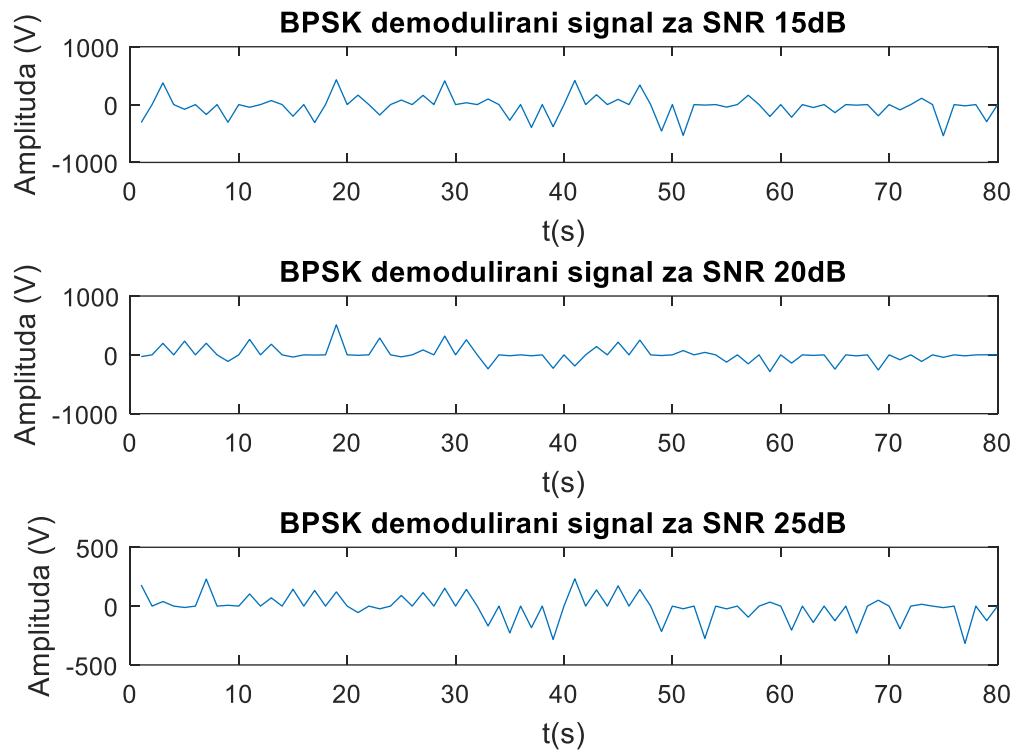
5. BPSK DEMODULATOR

BPSK demodulacija se vrši na način da signale dobijene na izlazu AWGN kanala množimo ponovo sa baznom funkcijom a potom vršimo integraciju od 0 do T_b , odnosno sabiramo broj uzoraka sa koliko smo predstavili jedan bit ($\text{fill} = f_s / R_b$) a potom provjeravamo da li je signal pozitivan ili negativan. Ako je pozitivan na izlazu imamo bit sa amplitudom 1V , a ako je negativan amplituda bita iznosi 0V .

Na slikama ispod je prikazan BPSK demodulirani signal za različite vrijednosti SNR-a.



Slika 5.1. Demodulirani signal za SNR 1,5,10 dB

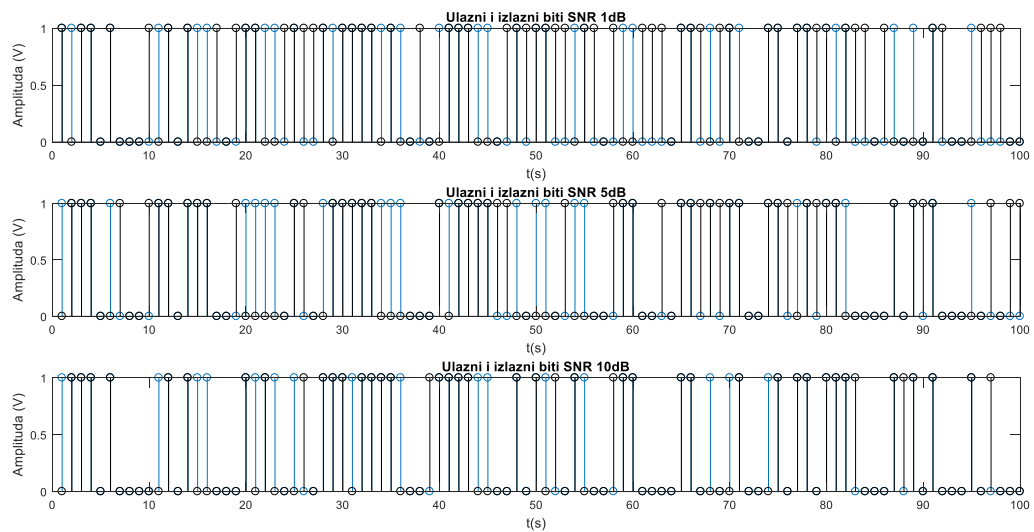


Slika 5.2. Demodulirani signal za SNR 1,5,10 dB

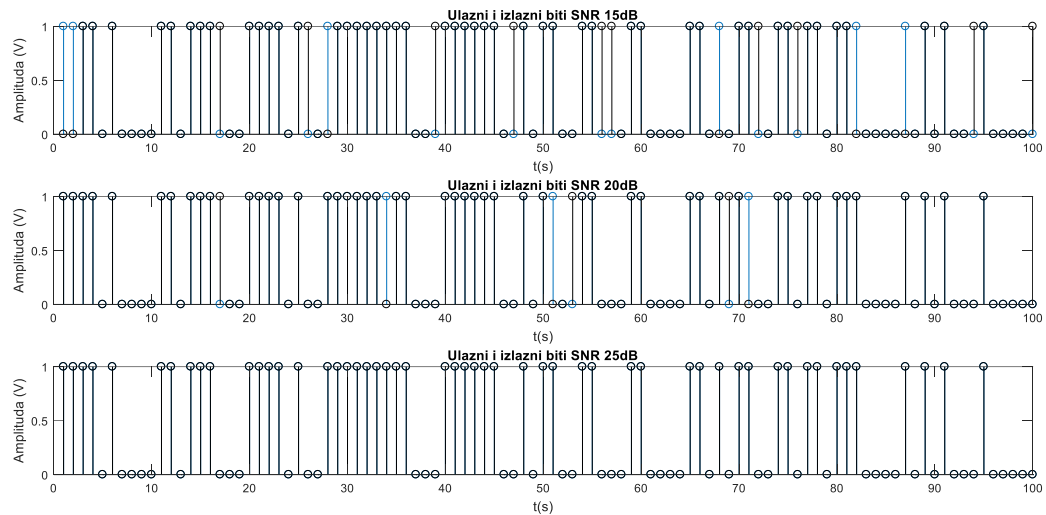
6. RX

Blok RX predstavlja prijemnik.

Na slikama je prikazano poređenje prvih 100 ulaznih bita i bita dobijenih na prijemu.



Slika 6.1. Poređenje prvih 100 bita za SNR 1,5 i 10dB



Slika 6.2. Poređenje prvih 100 bita za SNR 15,20 i 25 dB

Sa slika možemo vidjeti da najviše pogrešno prenesenih dobijamo za najmanji SNR, dok za najveći SNR u 100 bita nemamo grešku što se i očekivalo.

7.

a) Vjerovatnoća greške bez ekvalizatora

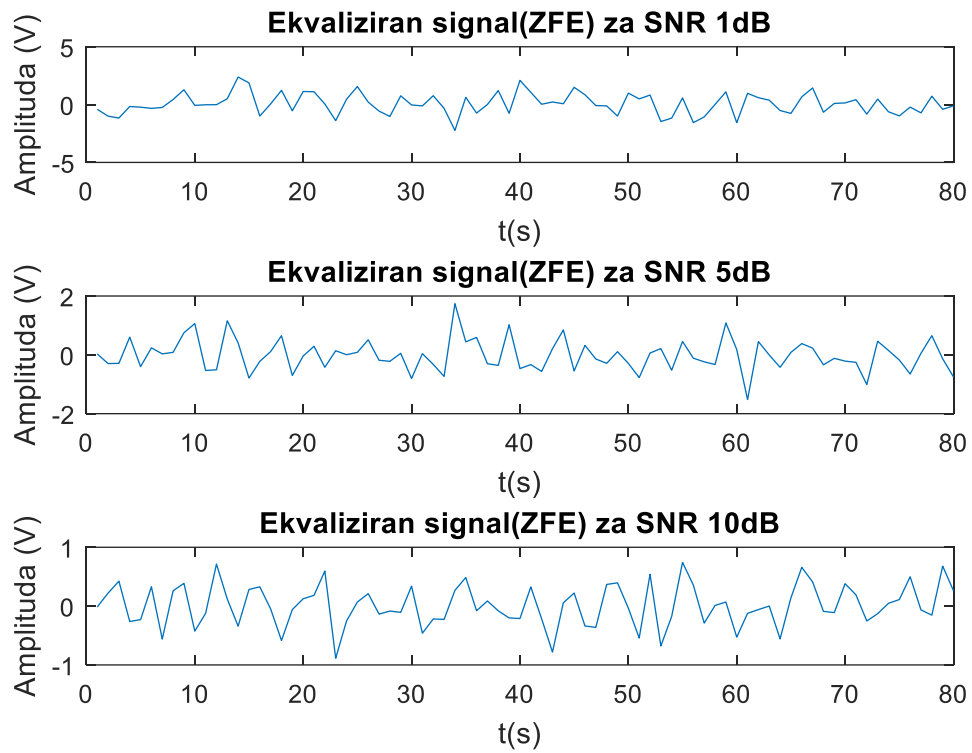


Slika 7.1. Vjerovatnoća greške

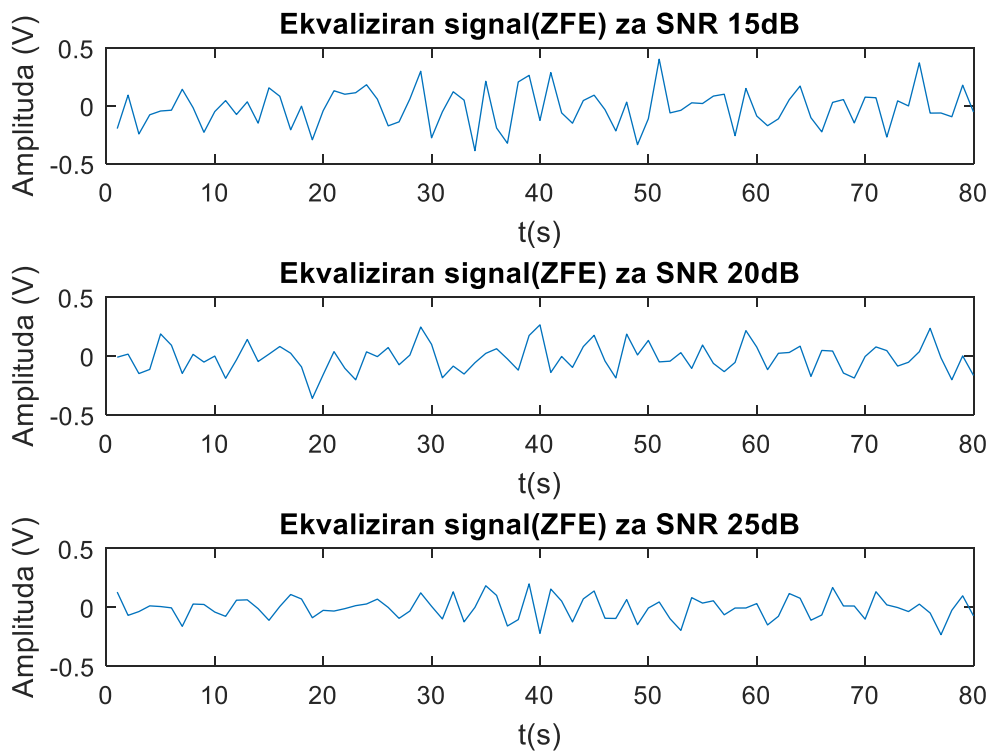
Dati grafik pokazuje zavisnost broja pogresno prenesenih bita u odnosu na SNR. Možemo zaključiti da sa povećanjem SNR-a vjerovatnoća pogrešno prenesenog bita opada što se moglo vidjeti i na slikama u dijelu 6.2.

b) Vjerovatnoća greške korištenjem metode forsiranja nula

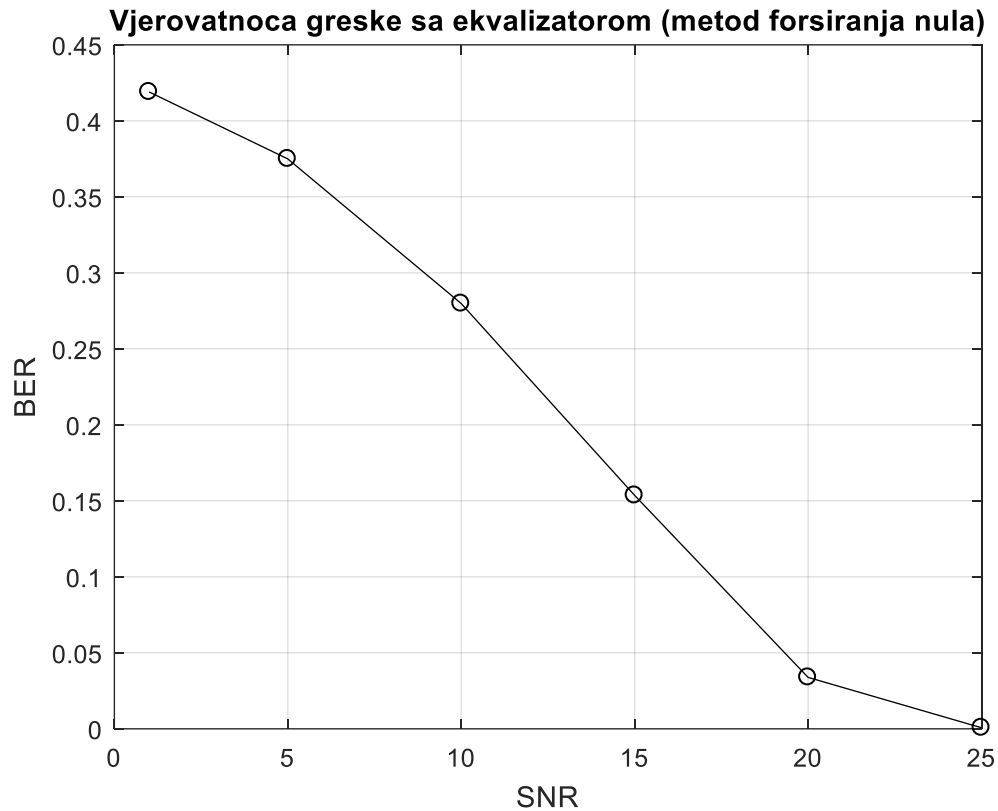
Ekvalizator se kreira poslije AWGN bloka, način implementacije je korišten sa vježbi. Ekvalizatori se koriste za smanjenje izobličenja signala i na taj način smanje vjerovatnoću greške.



Slika 7.2. Prikaz signala različitih SNR-ova nakon ekvalizatora



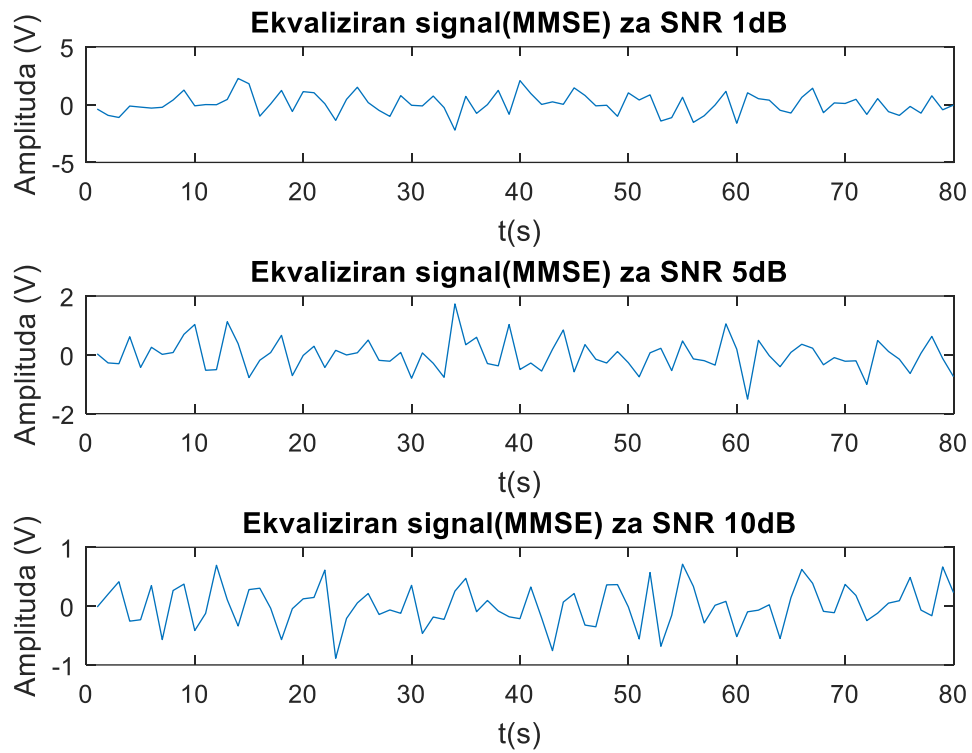
Slika 7.3. Prikaz signala različitih SNR-ova nakon korištenja ekvalizatora



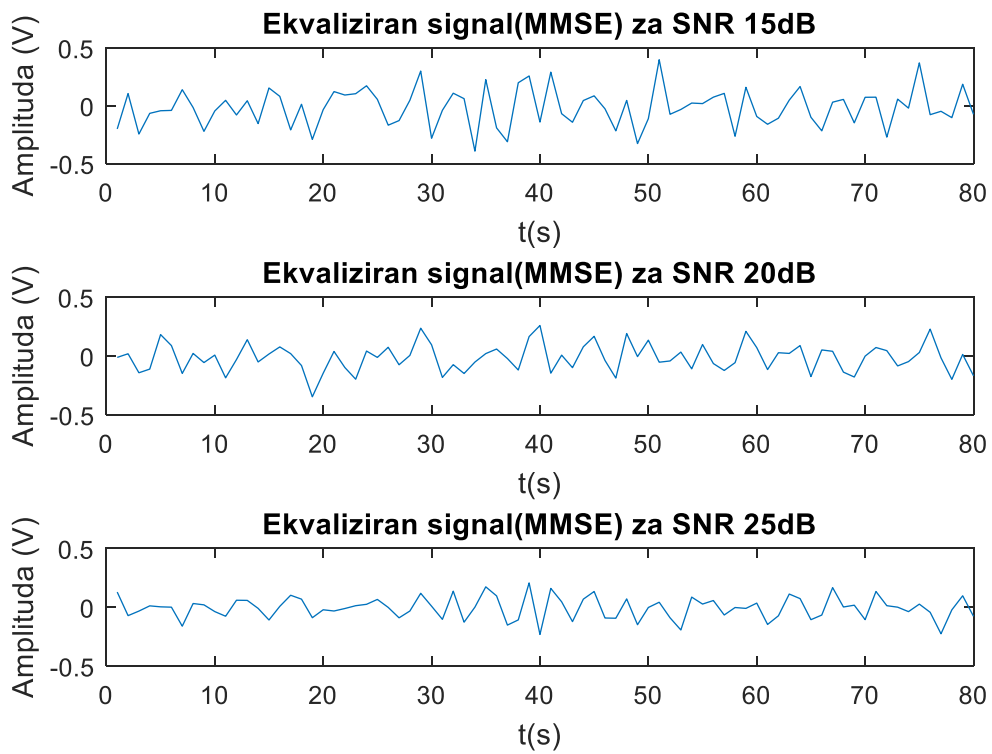
Slika 7.4. Prikaz vjerovatnoće greške u odnosu na SNR sa korištenjem ekvalizatora 3. reda

c) Vjerovatnoća greške korištenjem metode srednje kvadratne greške

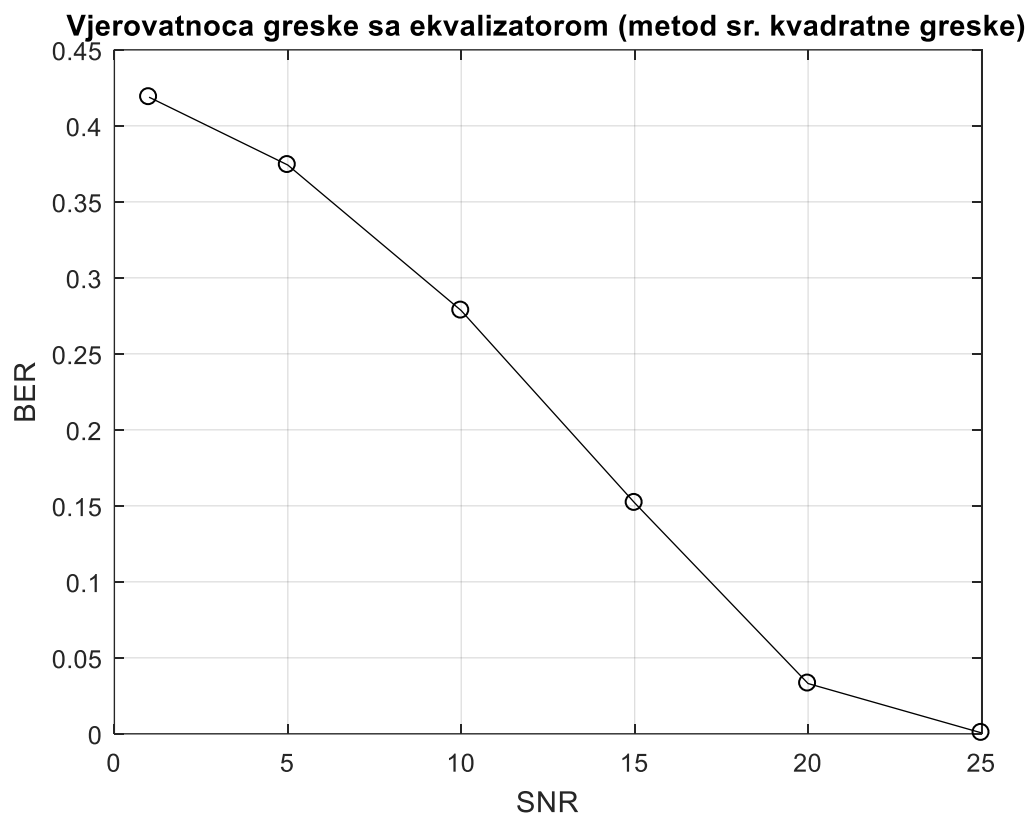
Metod srednje kvadratne greške je još jedan od metoda koji se koriste za uklanjanje interferencije iz signala. Potrebno je naglasiti da se koristi ekvalizator 3. reda.



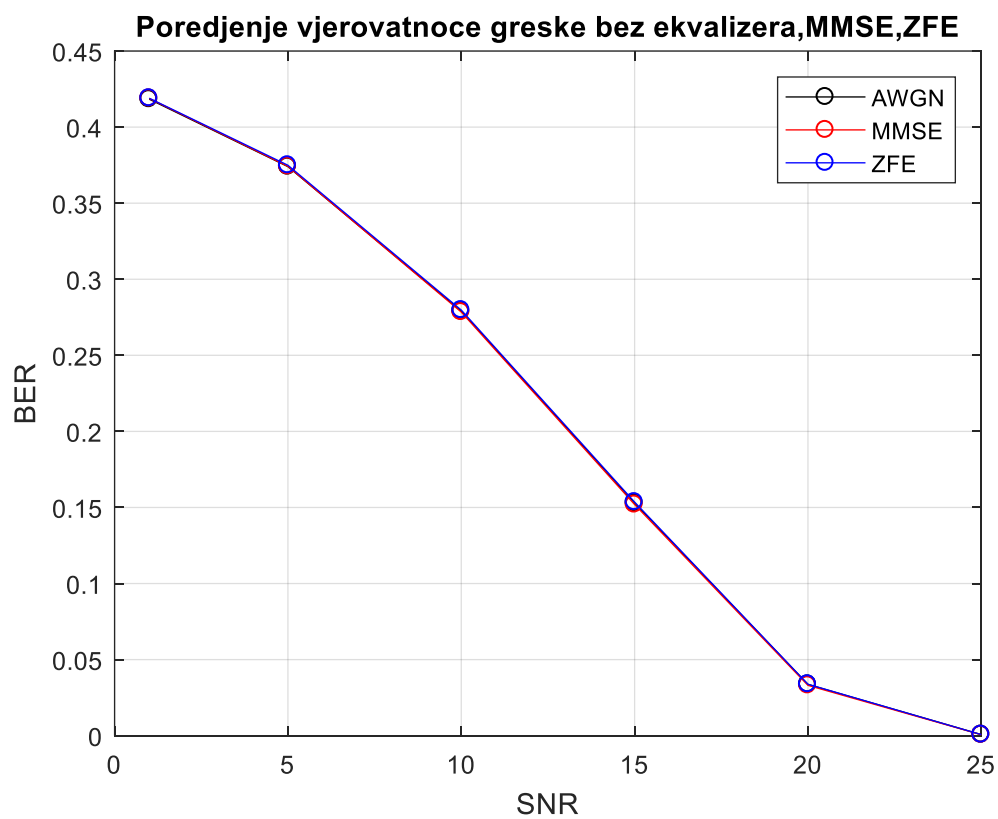
Slika 7.5. Prikaz signala različitih SNR-ova nakon korištenja ekvalizatora



Slika 7.6. Prikaz signala različitih SNR-ova nakon korištenja ekvalizatora



Slika 7.7. Prikaz vjerovatnoće greške u odnosu na SNR sa korištenjem ekvalizatora 3. reda



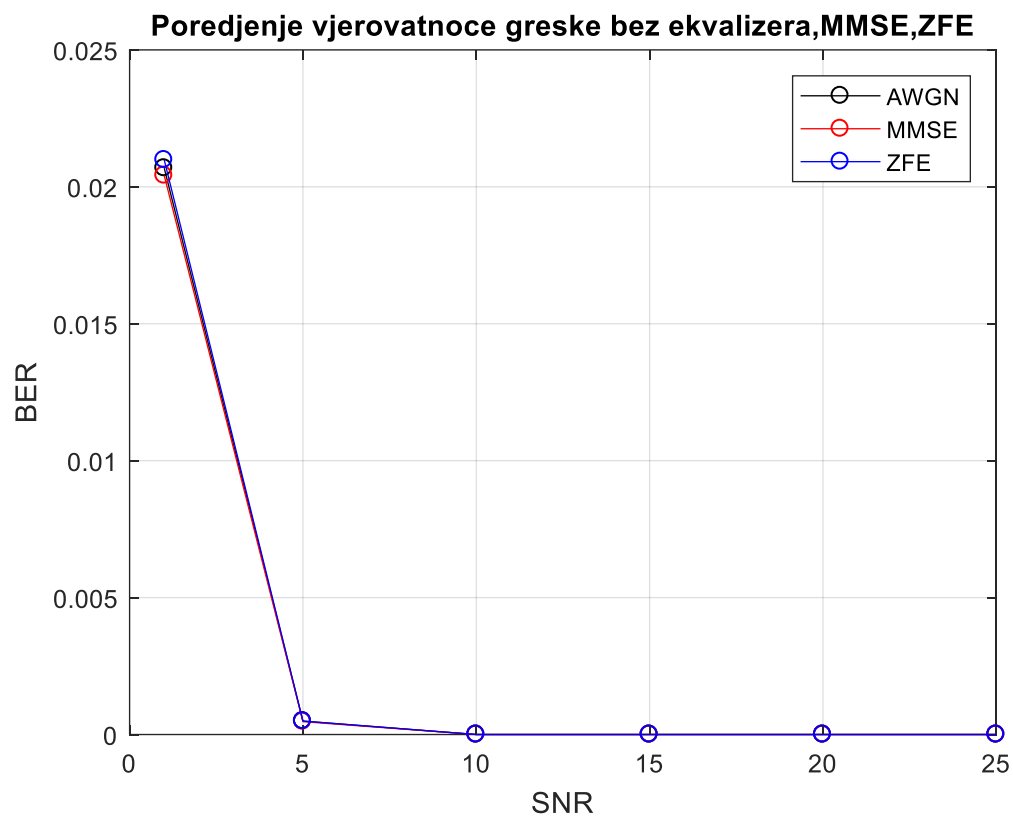
Slika 7.8. Prikaz svih vjerovatnoća greški sa različitim metodama

Pe						
1x6 double						
	1	2	3	4	5	6
1	0.4184	0.3740	0.2790	0.1529	0.0337	7.1000e-04
2						
Pe_mmse						
1x6 double						
	1	2	3	4	5	6
1	0.4189	0.3742	0.2784	0.1519	0.0331	6.1000e-04
2						
3						
4						
Pe_zfe						
1x6 double						
	1	2	3	4	5	6
1	0.4190	0.3749	0.2798	0.1536	0.0338	6.9000e-04

Slika 7.9. Vjerovatnoće greške bez korištenja ekvalizatora i sa korištenjem (metod srednje kvadratne greške i metod forsiranja nula)

NAPOMENA:

Svi predhodno prikazani rezultati su dobijeni kada je amplituda $A_c=0.1$ V, zbog čega dobijamo veće greške ali vidimo da se smanjuje kako raste SNR. Ako bi postavili vrijednosti amplitude na 1V dobili bi vjerovatnoće greške koje imaju sljedeće vrijednosti:



Slika 7.10. Prikaz svih vjerovatnoća greški za $A_c=1V$

$P_e =$

0.0207 0.0005 0 0 0 0

$P_{e_mmse} =$

0.0204 0.0005 0 0 0 0

$P_{e_zfe} =$

0.0210 0.0005 0 0 0 0

Slika 7.10 BER prikazan u komandnom prozoru za $A_c=1V$