

Laboratorijas darba Nr. 1
BINĀRO INFORMĀCIJAS PĀRRAIDES SISTĒMU
TRAUCĒJUMNOTURĪBA
Koherentu signālu apstrāde
ATSKAITE

Izpildīts brigādes Monta Daugaviete, Mārtiņš Dundurs, Reinis Jānis Kozuliņš sastāvā

Mārtiņš Dundurs
rect0 grupa, apl. nr.

2018. g. 7. jūnijā

1. DARBA MĒRĶI

- apgūt harmonisko signālu, kas tiek izmantots binārās informācijas pārraidei pa kanāliem ar Gausa troksni, dažādu modulācijas veidu traucējumnoturības teorētiskos pamatus;
- apgūt bināro signālu ar FM, FrM un AM optimālo koherentu uztvērēju uzbūves principus;
- eksperimentāli pārbaudīt teorētiskos secinājumus par bināro signālu ar FM, FrM un AM traucējumnoturību, uzkonstruējot traucējumnoturības līknes un salīdzinot tās ar teorētiskajām.

2. PRAKTISKĀ DAĻA UN REZULTĀTI

2.1. Izmantotā aparatūra

Laboratorijas darba makets Nr. 1 ar $\Delta F_{ef} = 53.3 \text{ kHz}$. Divstaru osciloskops. Voltmetrs.

2.2. Darba I diena

Šajā dienā mēs izmērījām visu trīs manipulācijas veidu nepieciešamos parametrus (tabula 1), kā arī noņemām oscilogrammas dažādos iekārtas posmos (tabula 2).

1. tabula: Manipulāciju parametri bez trokšņiem

	ASK	FSK	PSK
$f_0 \text{ [kHz]}$	3.7037	3.7037	3.846
$U_{mod} \text{ [V]}$	5	5	5.6
$U_s \text{ [V]}$	0.43	0.42	0.32*
$\tau \text{ [}\mu\text{s]}$	190	190	190
$f_2 \text{ [kHz]**}$	-	3.88889	-

f_0 - nesējfrekvence;

U_{mod} - informācijas amplitūda;

U_s - izejas signāla amplitūda;

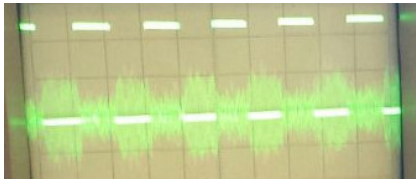
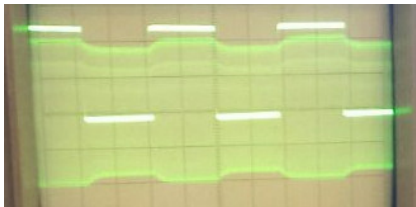
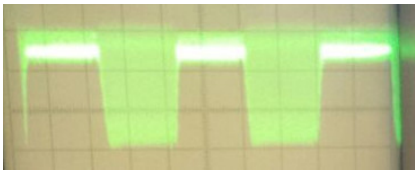
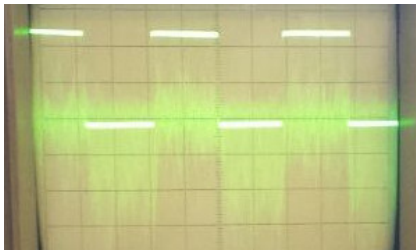




τ - simbola impulsa garums;

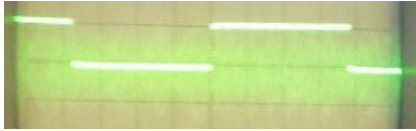
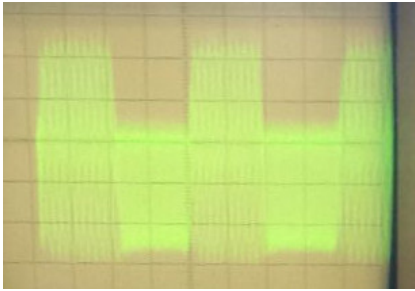
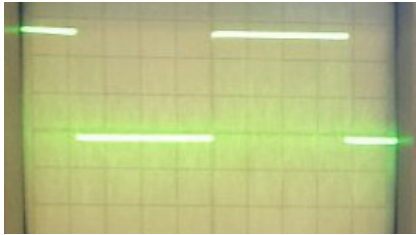
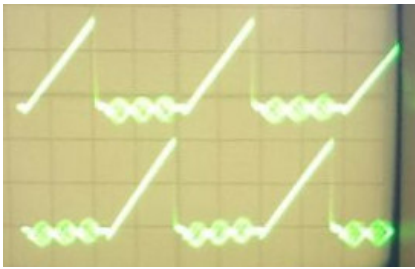
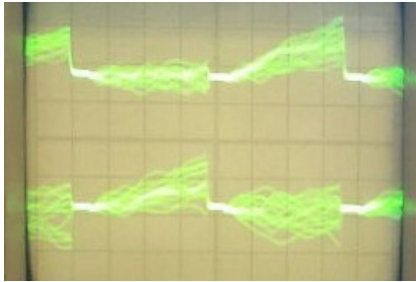
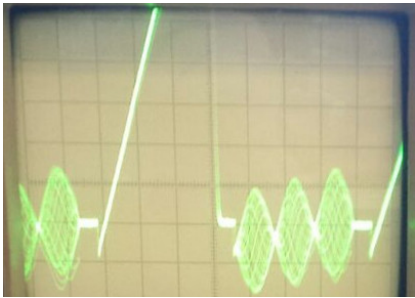
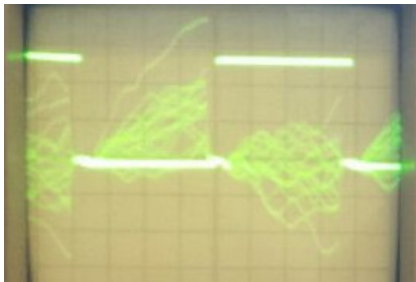
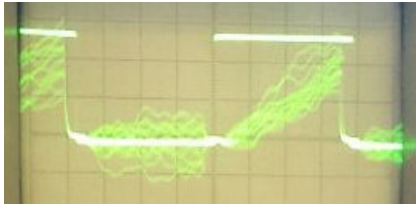

f_2 - otrā simbola frekvence priekš FSK**.

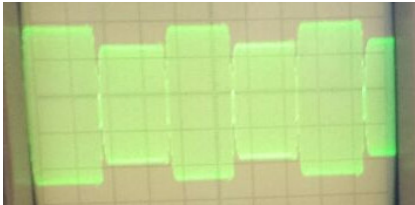

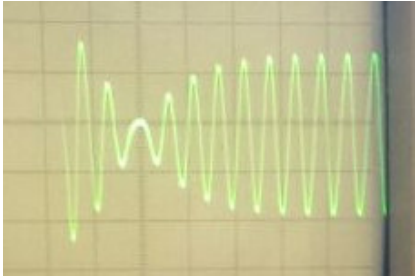
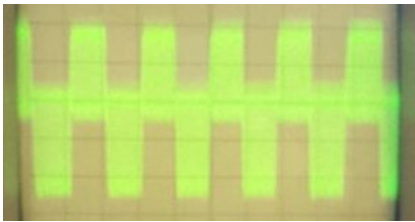
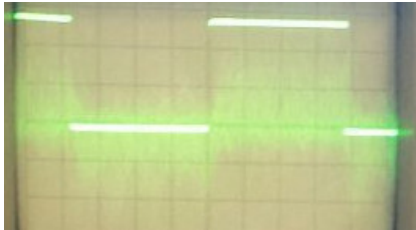
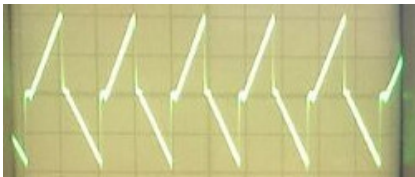
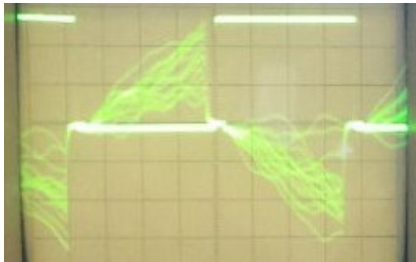

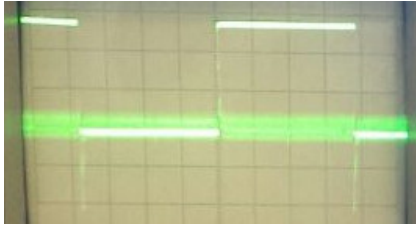
*Deļ iekārtu nepilnības PSK katram simbolam ir atšķirīga amplitūda 0.27 un 0.37 V. Pēc pasniedzēja norādījuma lietojam vidējo vērtību 0.32 V.

**Pirmā simbola frekvence ir vienāda ar nesējfrekvenci $f_1 = f_0$.

2. tabula: Oscilogrammas

Modulācija	Noise OFF	Noise ON	I kanāls	II kanāls
ASK	-		$Z(t)$	U_{mod}
ASK	-		$S_1(t)$	U_{mod}
ASK			X	U_{mod}
ASK			I_f	U_{mod}
ASK		-	T_{st}	I_f
ASK	-		er	U_{mod}

Modulācija	Noise OFF	Noise ON	I kanāls	II kanāls
FSK	-		$Z(t)$	U_{mod}
FSK			X	U_{mod}
FSK			$I f$	$II f$
FSK			$I f$	U_{mod}
FSK	-		$II f$	U_{mod}
FSK	-		er	U_{mod}

Modulācija	Noise OFF	Noise ON	I kanāls	II kanāls
PSK			$Z(t)$	U_{mod}
PSK		-	$Z(t)$ zoom	-
PSK			X	U_{mod}
PSK			$I f$	U_{mod}
PSK		-	$II f$	-
PSK	-		er	U_{mod}

3. Darba II diena

Šajā darba dienā mēs savācām datus par kļūdu skaitu pie dažādām signāls-trokšņi-attiecībām (SNR) un šeit veiksīm šo datu analīzi.

3. tabula: Izmērītās signālu amplitūdas un kļūdu skaitītāja rādījumi $M = 8$ eksperimentos

Nr.	Modulācija	U_s [V]	U_n [V]	n_{er1}	n_{er2}	n_{er3}	n_{er4}	n_{er5}	n_{er6}	n_{er7}	n_{er8}
1	ASK	0.43	0.12	17	20	18	20	22	32	28	31
2	ASK	0.43	0.17	255	198	204	196	252	217	249	226
3	ASK	0.43	0.195	863	850	834	919	852	779	903	927
4	FSK	0.42	0.2	15	27	17	32	21	29	17	28
5	FSK	0.42	0.24	119	126	112	116	127	94	115	121
6	FSK	0.42	0.3	672	726	715	739	760	673	711	726
7	PSK	0.32	0.222	17	26	27	23	14	22	9	18
8	PSK	0.32	0.285	198	200	289	192	187	333	209	200
9	PSK	0.32	0.34	866	715	711	897	776	909	787	724

U_s - ciparu modulēta signāla $Z(t)$ amplitūda;

U_n - baltā trokšņa signāla $Z(t)$ amplitūda pie atslēgta (OFF) SW2 slēdža;

n_{eri} - kļūdu skaitītāja rādījums pēc 10^5 simbolu uztveršanas.

4. tabula: Attiecīgajiem mērījumiem veiktie aprēķini

Nr.	Modulācija	N_0	E/N_0 [dB]	SNR [dB]	n_{er}	P_{er}	$lg P_{er}$
1	ASK	2.702E-07	18.13	11.086	23.5	0.00024	-3.629
2	ASK	5.422E-07	15.105	8.060	224.625	0.00225	-2.649
3	ASK	7.134E-07	13.913	6.869	865.875	0.00866	-2.063
4	FSK	7.505E-07	13.489	6.444	23.25	0.00023	-3.634
5	FSK	1.081E-06	11.905	4.861	116.25	0.00116	-2.935
6	FSK	1.689E-06	9.967	2.923	715.25	0.00715	-2.146
7	PSK	9.247E-07	10.22	3.176	19.5	0.00020	-3.710
8	PSK	1.524E-06	8.051	1.006	226	0.00226	-2.646
9	PSK	2.169E-06	6.518	-0.527	798.125	0.00798	-2.098

N_0 - trokšņa spektrālais blīvums*;

E/N_0 - signāla enerģijas E un trokšņa spektrālā blīvuma attiecība*;

SNR - signāla/trokšņu attiecība decibelos;

n_{er} - vidējais trokšņu skaits M eksperimentos;

P_{er} - kļūdas varbūtība pēc eksperimenta datiem.

*Aprēķinot jaudas mēs pieņemam ka pretestība $R = 1 \Omega$.

Izmantotās formulas:

$$N_0 = \frac{P_n}{\Delta F_{ef}} = \frac{U_n^2}{\Delta F_{ef}} \quad (1)$$

$$E = \frac{U_s^2 \tau}{2} \quad (2)$$

$$\frac{E}{N_0} [dB] = 10 \lg \frac{E}{N_0} \quad (3)$$

$$SNR = 20 \lg \frac{U_s}{U_n} \quad (4)$$

$$n_{er} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M n_{eri} \quad (5)$$

$$P_{er} = \frac{n_{er}}{10^5} \quad (6)$$

Pēc iegūtajiem $\log_{10} p_{er}$ un E/N_0 [dB] rezultātiem varam atlikt mūsu līknes grafikā kopā ar teorētiskajām līknēm, kuras iegūtas pēc formulām (7), (8) un (9).

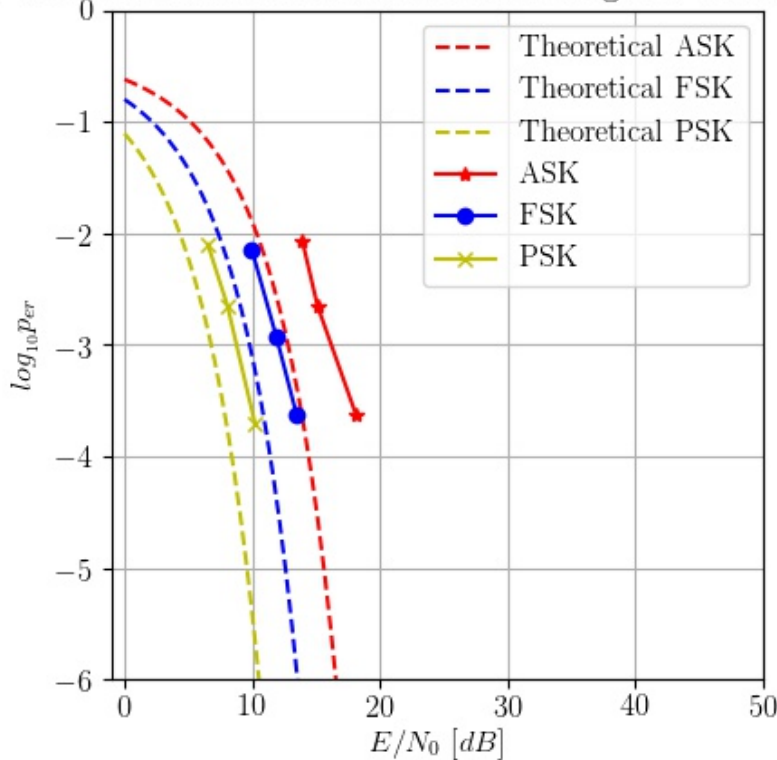
$$P_{erAM} = 1 - \Phi\left(\sqrt{\frac{1}{2} \frac{E}{N_0}}\right) \quad (7)$$

$$P_{er_{FM}} = 1 - \Phi\left(\sqrt{\frac{E}{N_0}}\right) \quad (8)$$

$$P_{er_{PM}} = 1 - \Phi\left(\sqrt{2 \cdot \frac{E}{N_0}}\right) \quad (9)$$

Šajās formulās signāls-trokšņi attiecība Ps/Pn nav deciBelos, un atkarīga no mūsu izvēlēta normalizētās signāls-trokšņi attiecības E/N_0 diapazona no 0 līdz 50 deciBelos. Normalizēto SNR jeb SNR uz vienu bitu. E šeit ir signāla enerģija vienam bitam, bet N_0 trokšņa jauda noteiktajā frekvenču diapazonā. Praksē šis normalizētais rādītājs ciparu sakaros tiek izmantots, jo tas ļauj salīdzināt sistēmu BER (bit-error rate) neņemot vērā joslas platumu. Salīdzinājumam pievienojam pa labi arī grafiku parastajam SNR.

Kļūdu varbūtības atkarība no normalizētas signāls-trokšņi attiecības



4. SECINĀJUMI

Pēc grafika mums ir redzams, ka mūsu eksperimentā iegūtās līknes kopumā attēlo analogisku raksturu kā teorētiski iegūtās - kļūdu varbūtības samazinās palielinoties $(E/N_0)_{dB}$, PSK parāda vislabāko kvalitāti, bet ASK vissliktāko no trim modulācijas veidiem. Tomēr atšķirībā no teorētiski iegūtajām līknēm, eksperimentā iegūtās pēc datiem uzrāda sliktāku BER. Skatoties vertikāli - ņemot vienu un to pašu $(E/N_0)_{dB}$, eksperimentā kļūdas parādās ar lielāku varbūtību kā teorētiski. Tas, protams, ir sagaidāms. Aplūkosim dažus iemeslus kāpēc tā varētu būt.

Jāņem vērā tas ka eksperimentā pirms ziņojuma nolasīšanas signāls tiek filtrēts ar joslas filtru. Tas ietekmē kļūdu rašanos un kļūdas vairs nav nejaušas, jo tiek ieviesti starpsimbolu traucējumi. Proti, kad baltais trokšnis tiek filtrēts, tā vērtības vairs nav nejaušas, bet gan atkarīgas no iepriekšējā vērtībām laikā. Tas nozīmē ka nebūtu pilnīgi korekti lietot normālā sadalījuma kļūdas funkciju $\Phi()$. Iespējams, būtu vērtīgi veikt izpēti cik lielā mērā mēs varam šīs kļūdas analizēt.

Eksperimenta laikā mēs arī novērojām iekārtas nekorektu darbību. Veicot kļūdu skaitīšanu, iekārta laiku pa laikam uz 7-segmentu ekrāna uzrādīto kļūdu skaitu samazināja vai palielināja par 5-20. Skaitīšanas ciklus, kuros mēs fiksejam šādas neregularitātes mēs atmetām. Tomēr, tā kā to fiksešana notika ar aci, ļoti iespējams ka šādi notikumi tika arī palaisti garām un iekļauti eksperimenta rezultātos.

Tāpat jāņem vērā teorētiskās līknes attiecas uz koherentiem, ortogonāliem signāliem. Ir sagaidāms, ka uz praktiskas iekārtas ideālu koherenci un ortogonalitāti sasniegt nebūs iespējams.