

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем  
кафедра квантової радіофізики

Лабораторна робота №3  
**«Кореляційний прийом цифрових  
сигналів в каналі з шумом»**

Роботу виконав  
студент IV курсу  
Леник Богдан

Київ  
2014

**Тема:** Кореляційний прийом цифрових сигналів з шумом.

**Мета:** Ознайомлення з принципами роботи систем зв'язку з шумоподібними сигналами. Дослідження властивостей псевдовипадкових (Баркера, М, Голда) та ортогональних (Уолша) послідовностей.

**Завдання:**

1. Розрахувати вручну АКФ для послідовності Баркера ( $N$  на вибір викладача).
2. Дослідити залежність відношення центрального піку АКФ до бокових піків від довжини послідовності для
  - Послідовностей Баркера (5,7,11,13)
  - М – послідовностей (5-6 вимірів)
  - Послідовностей Голда
  - Послідовностей Касамі
3. Дослідити крос – кореляційні властивості послідовностей Голда та М - послідовностей. Порівняти їх.
4. Дослідити залежність відношення центрального піку АКФ до бокових піків від співвідношення сигнал – шум на вході для послідовностей Баркера (5,7,11,13) та для послідовності Баркера  $N = 7$  з різною довжиною кроку послідовності (4 – 5 різних значень). Знайти рівень сигнал – шум при якому з'являються помилки (вибірка з 50 значень шуму).
5. Передати за допомогою послідовності Баркера ( $N = 5$ ) сигнал 101 та замалювати графік кореляції.
6. Порівняти лінійну та циклічну автокореляцію для М – послідовності та послідовності Баркера.

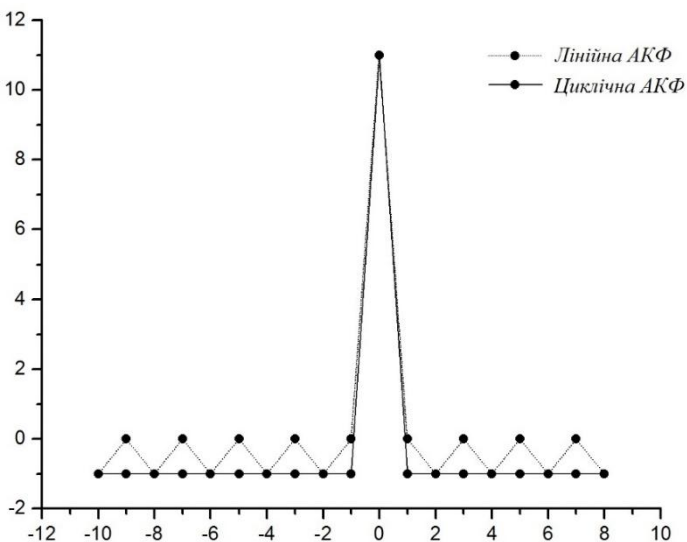
## Хід роботи:

1. Розрахуємо АКФ для послідовності Баркера ( $N = 11$ ) «11100010010»

№ зсуву	Послідовність											№ сп.	№ несп.	АКФ
Початок	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	11	0	<b>11</b>
1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	5	6	<b>-1</b>
2	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	5	6	<b>-1</b>
3	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	5	6	<b>-1</b>
4	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	5	6	<b>-1</b>
5	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	5	6	<b>-1</b>
6	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	5	6	<b>-1</b>
7	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	5	6	<b>-1</b>
8	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	5	6	<b>-1</b>
9	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	5	6	<b>-1</b>
10	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5	6	<b>-1</b>
11	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	11	0	<b>11</b>

- Циклічна АКФ
- Лінійна АКФ

№ зсуву	Послідовність											№ сп.	№ несп.	АКФ
Початок	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	11	0	<b>11</b>
1		1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	5	5	<b>0</b>
2			1	1	1	0	0	0	1	0	0	4	5	<b>-1</b>
3				1	1	1	0	0	0	1	0	4	4	<b>0</b>
4					1	1	1	0	0	0	1	3	4	<b>-1</b>
5						1	1	1	0	0	0	3	3	<b>0</b>
6							1	1	1	0	0	2	3	<b>-1</b>
7								1	1	1	0	2	2	<b>0</b>
8									1	1	1	1	2	<b>-1</b>
9										1	1	1	1	<b>0</b>
10											1	0	1	<b>-1</b>



Як бачимо, послідовність Баркера має низький рівень бічних максимумів АКФ.

2. Дослідимо залежність відношення центрального піку АКФ до бокових піків від довжини послідовності для відповідних послідовностей.

- Послідовність Баркера

Довжина	Відношення, дБ	Відношення, 1
5	13.742	4.865
7	16.362	6.578
11	18.707	8.617
13	19.766	9.734

- М – послідовність

Довжина	Відношення, дБ	Відношення, 1
7	10.501	3.35
15	13.305	4.626
31	14.514	5.317

- Послідовність Голда

Довжина	Відношення, дБ	Відношення, 1
7	6.728	2.17
15	8.235	2.581
31	8.648	2.7

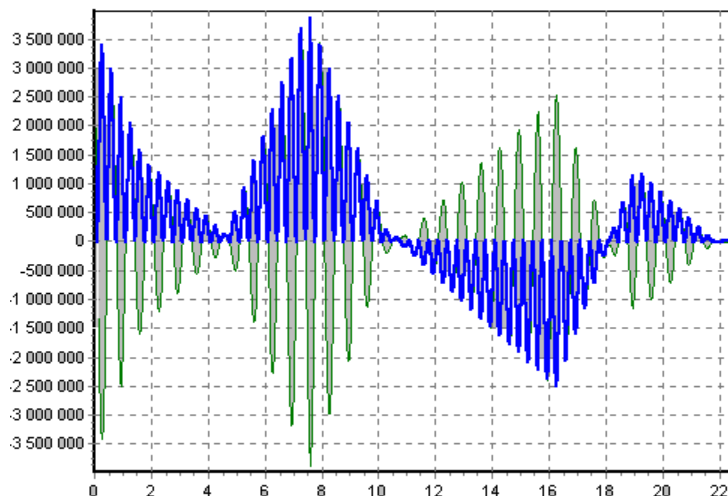
Як бачимо, з трьох досліджених послідовностей найбільше відношення центрального піку АКФ до бокових піків спостерігається у послідовностей Баркера. При чому дане відношення зростає зі зростанням довжини послідовності.

У М – послідовностей та послідовностей Голда дана залежність також присутня, але швидкість зростання відношення зі зростанням довжини мала.

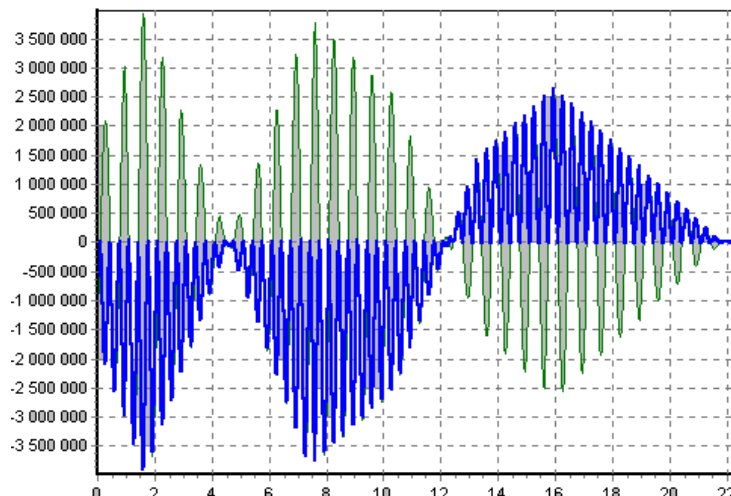
3. Дослідимо крос - кореляційні властивості послідовностей Голда та М - послідовностей.

- Довжина послідовності 7.

Послідовність Голда

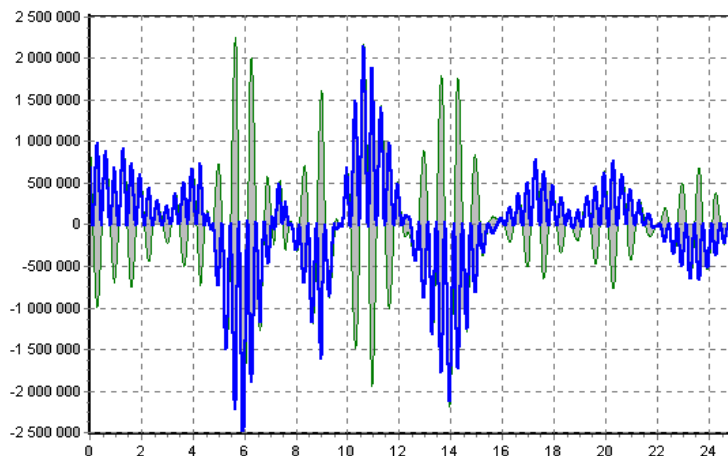


М - послідовність

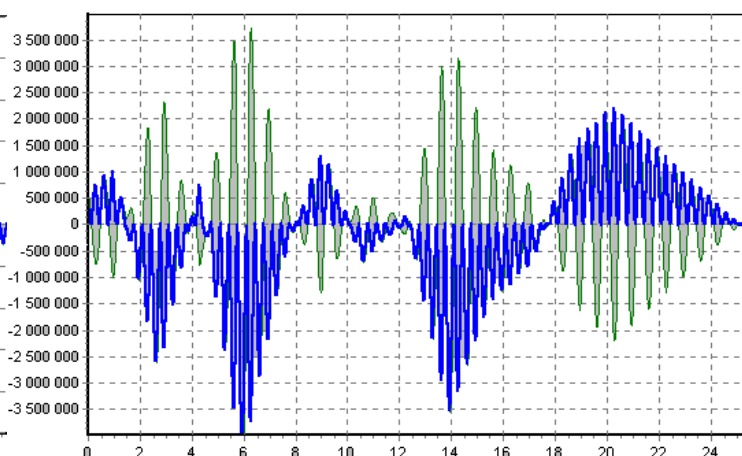


- Довжина послідовності 15

Послідовність Голда



М - послідовність



Як відомо, послідовності Голда отримують з М – послідовностей задля покращення вигляду крос – кореляційної функції. Тому очікувано, що у послідовності Голда на відміну від М – послідовності спостерігається висока крос – кореляція між різними кодами. Це проявляється у великій кількості високих та вузьких піків КРФ.

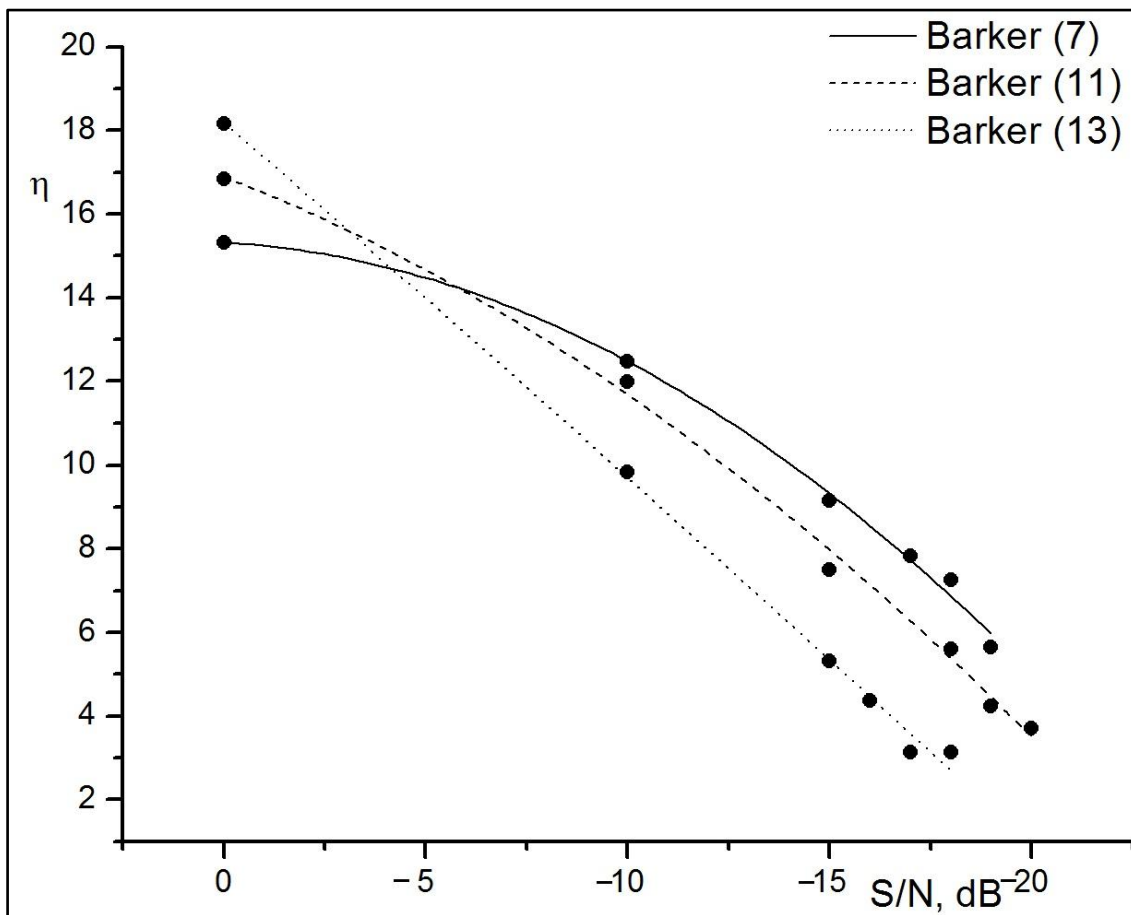
4. Дослідимо залежність відношення центрального піку АКФ до бокових піків від співвідношення сигнал – шум на вході для послідовностей Баркера(7,11,13)

$$\frac{S}{N} - \text{відношення сигнал – шум};$$

$\eta$  – відношення центрального піку АКФ до бокових

Баркер (7)		Баркер (11)		Баркер (13)	
S/N, дБ	$\eta$ , дБ	S/N, дБ	$\eta$ , дБ	S/N, дБ	$\eta$ , дБ
0	15.326	0	16.844	0	18.17
-10	12.483	-10	11.996	-10	9.845
-15	9.153	-15	7.508	-15	5.325
-17	7.828	-18	5.613	-16	4.367
-18	7.268	-19	4.244	-17	3.143
-19	5.654	-20	3.71	-18	3.134

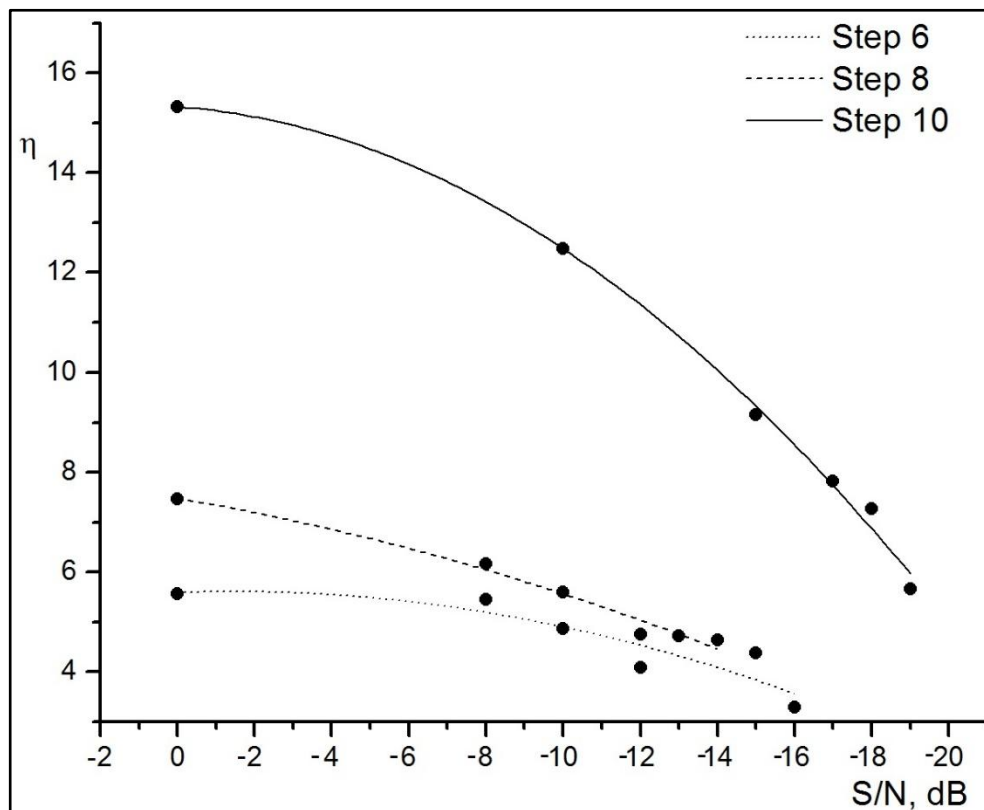
Зобразимо залежності графічно:



З отриманих результатів можна зробити висновок, що зі зростанням довжини послідовності зростає і відношення центрального піку до бокових. Очевидно, що зі зростанням відношення сигнал шум  $\eta$  спадає. Але навіть за умови, коли потужність сигналу на 20 дБ менша за рівень шуму можна виділити корисний сигнал, що є вагомою перевагою кодів Баркера.

5. Дослідимо залежність відношення центрального піку АКФ до бокових піків від співвідношення сигнал – шум на вході для послідовності Баркера ( $N = 7$ ) з різною довжиною кроку послідовності.

Крок 6		Крок 8		Крок 10	
S/N, дБ	$\eta$ , дБ	S/N, дБ	$\eta$ , дБ	S/N, дБ	$\eta$ , дБ
0	5.562	0	7.461	0	15.326
-8	5.442	-8	6.167	-10	12.483
-10	4.859	-10	5.598	-15	9.153
-12	4.083	-12	4.758	-17	7.828
-15	4.38	-13	4.715	-18	7.268
-16	3.29	-14	4.645	-19	5.654



Як бачимо, зі збільшенням кроку послідовності зростає відношення  $\eta$ , тобто зростає завадостійкість коду.

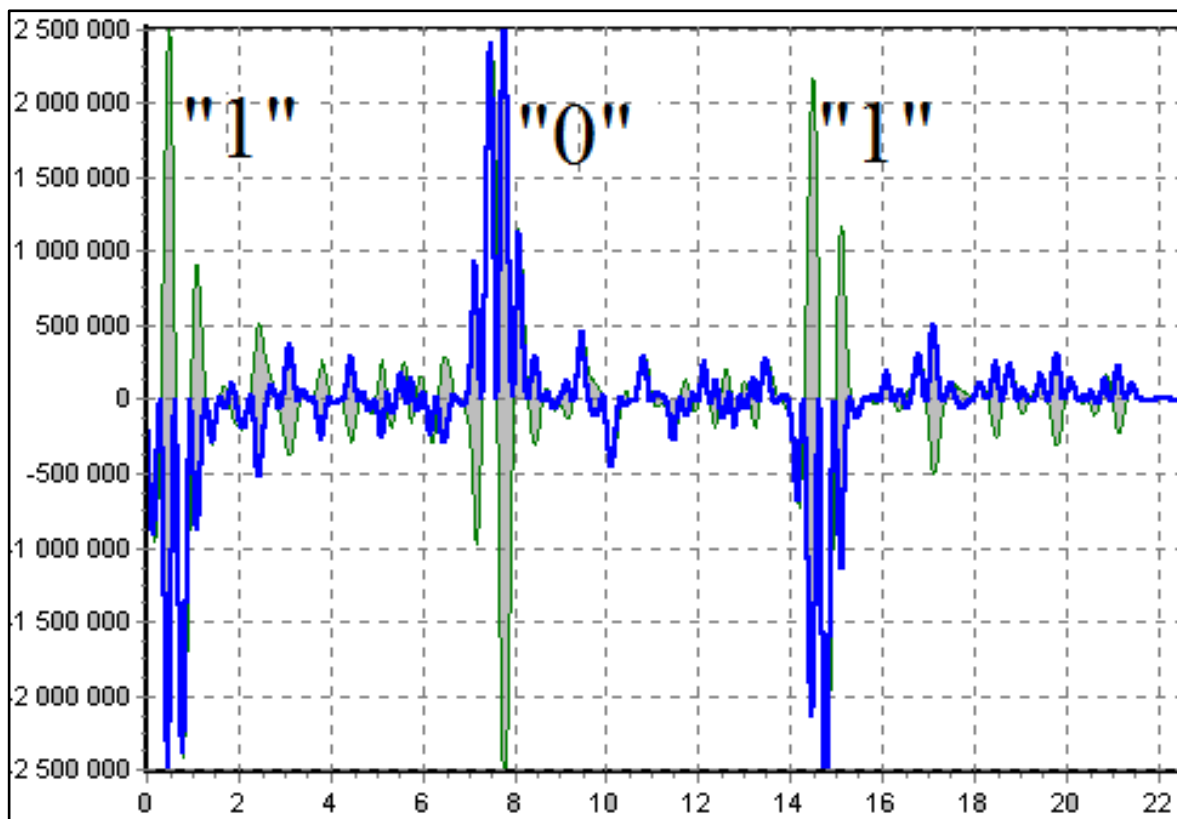
6. Передамо за допомогою послідовності Баркера ( $N = 5$ ) сигнал 101 та замалюємо графік кореляції.

Послідовність Баркера: «11101». Кодуємо символ «1» прямою послідовністю, а символ «0» інверсною послідовністю.

Тоді код повідомлення: «111010001011101»

Проведемо кореляцію даного коду з кодом Баркера «11101»

Графік кореляції:



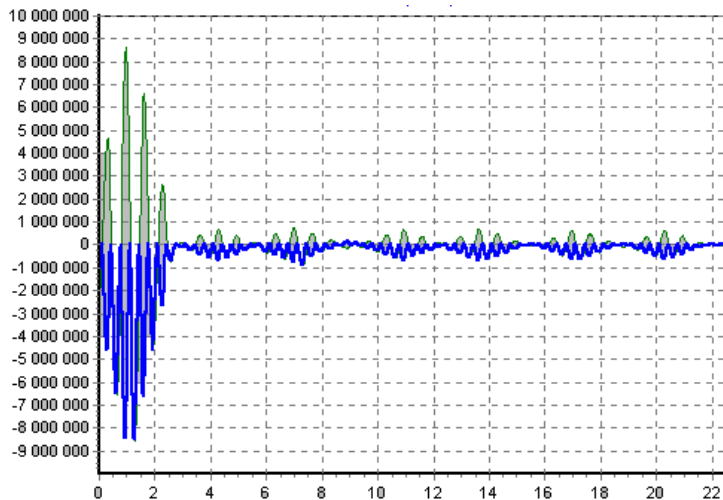
Як, бачимо з графіку кореляції явно можна виділити закодований сигнал «101».



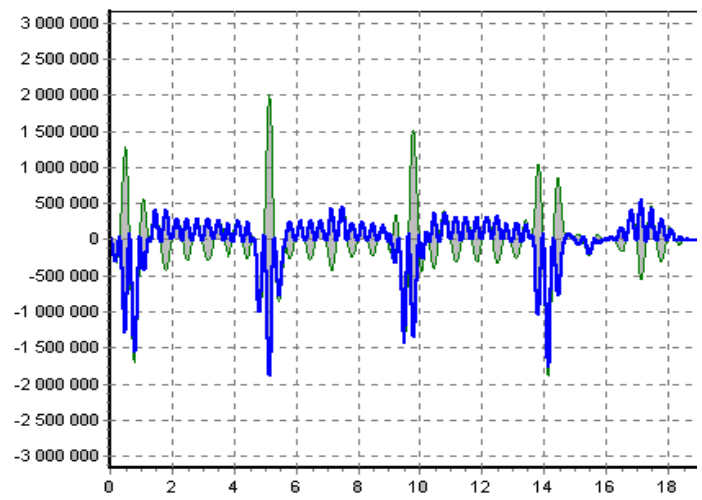
7. Порівняємо лінійну та циклічну АКФ для М – послідовності, та послідовності Баркера.

- Послідовність Баркера (13) «1111100110101»

Лінійна АКФ

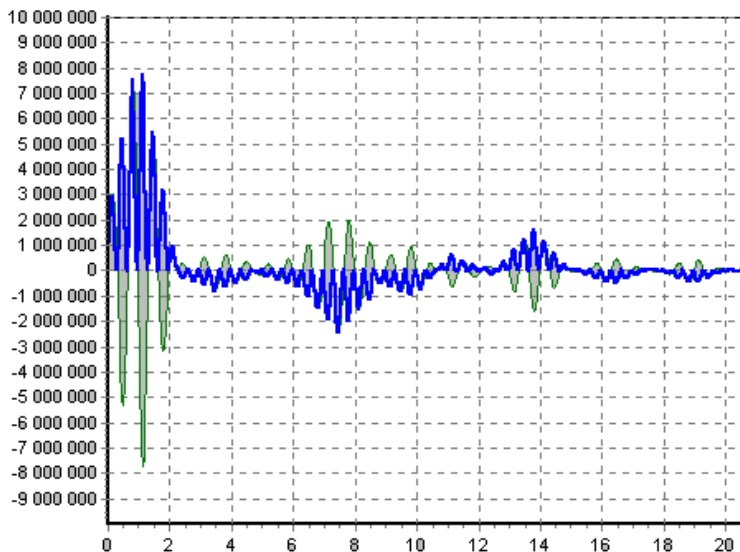


Циклічна АКФ



- М – послідовність «111100010011010»

Лінійна АКФ



Циклічна АКФ



Як бачимо, відношення центрального піку АКФ до бокових піків несуттєво відрізняється для лінійної та циклічної АКФ. Однак у циклічній АКФ центральний пік вужчий за той же центральний пік у лінійній АКФ. Ця ознака вагомо підвищує кореляційні властивості.

**Висновок:**

У даній лабораторній роботі було проведено дослідження властивостей псевдовипадкових послідовностей Баркера, М, Голда.

За рахунок спостереження автокореляційних функцій та крос – кореляційних функцій було отримано, що найкращу АКФ мають послідовності Баркера. Для них властиве високе відношення центрального піку АКФ до бічних піків. Однак найкращу крос – кореляційну функцію мають послідовності Голда. Це проявляється у великій кількості високих і вузьких піків функції.

На прикладі послідовностей Баркера було спостережено високу завадостійкість кодів, при чому вона зростає при збільшенні довжини коду.