

О.Ю. ДЕМЧЕНКО, С.М. КУЩ

**РЕАЛІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА ГОЛЕЯ
У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB (SIMULINK)**

Вступ

В сучасних телекомунікаційних системах представляє інтерес використання спектрально-ефективних кодів з оптимальними автокореляційними характеристиками (АК). Такі коди можливо отримати на основі аперіодичних комплементарних послідовностей.

Послідовності Голея [1] – це окремий випадок комплементарних послідовностей, що представляють собою пару бінарних послідовностей $a_n[k]$ та $b_n[k]$ довжиною $L = 2^n$ елементів кожна (де n – натуральне число). Характерною особливістю комплементарних кодів є те, що сума аперіодичних АК $a_n[k]$ та $b_n[k]$ - $Y[k]$ – дає ідеальну АК:

$$Y[k] = C_{aa} + C_{bb} = 2L \cdot \delta[k - L], \tag{1}$$

де C_{aa} та C_{bb} представляють собою АК послідовностей $a_n[k]$ та $b_n[k]$ відповідно, а $\delta[k - L]$ – символ Кронекера рангу 2.

Мета роботи полягає в створенні ефективного генератора Голея у середовищі MATLAB.

Алгоритм побудови послідовностей Голея

У роботі [2] запропоновано алгоритм для генерації послідовностей Голея, який полягає у рекурсивному об'єднанні пар послідовностей $a_n[k]$ та $b_n[k]$:

$$\begin{aligned} a_0[k] &= \delta[k], \\ b_0[k] &= \delta[k], \\ &\dots\dots\dots \\ a_n[k] &= a_{n-1}[k] + w_n \cdot b_{n-1}[k - D_n], \\ b_n[k] &= a_{n-1}[k] - w_n \cdot b_{n-1}[k - D_n]. \end{aligned} \tag{2}$$

де w_n – породжуючий коефіцієнт ($w_n = \{-1, 1\}$), D_n – час затримки ($D_n = 2^{n-1}$).

Ще у 1999 році у роботі [3] було запропоновано використання комплементарних послідовностей у 3G стандарті для синхронізації каналів з випадковим доступом. Нині комплементарні послідовності Голея широко застосовуються у системах, які характеризуються наявністю у каналі зв'язку сильних шумових адитивних завад (η), а саме: в робототехніці, радіолокації [4] та комунікаціях [5]. Спрощена структурна схема каналу зв'язку в якому передається пара комплементарних послідовностей $a_n[k]$ та $b_n[k]$ показана на рис.1.

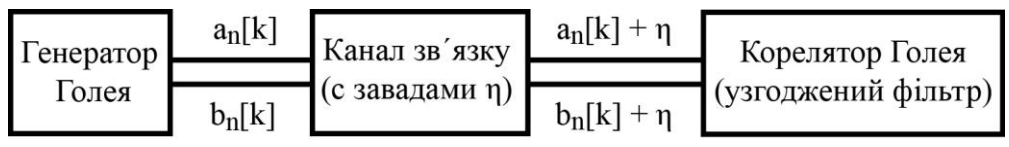


Рис. 1. Спрощена структурна схема каналу зв'язку с генератором послідовностей Голея

Формування пар ортогональних комплементарних послідовностей Голея довжини $L = 16$, проводиться згідно алгоритму (2). Прийmemo $w_n = 1$. Тоді при $n = 2-4$ отримаємо наступні пари послідовностей:

$$\begin{aligned} a_1[k] &= [+1, +1], \\ b_1[k] &= [+1, -1]. \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} a_2[k] &= [+1, +1, +1, -1], \\ b_2[k] &= [+1, +1, -1, +1]. \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} a_3[k] &= [+1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, +1], \\ b_3[k] &= [+1, +1, +1, -1, -1, -1, +1, -1]. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} a_4[k] &= [+1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, +1, -1], \\ b_4[k] &= [+1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, +1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, -1, +1]. \end{aligned} \quad (6)$$

Формування моделі ефективного генератора Голея у середовищі Matlab

Оцінку завадозахищеності системи доцільно проводити у середовищі Matlab, для чого на першому етапі необхідно сформувавши генератор послідовностей Голея. Побудову генератору послідовностей Голея доцільно проводити у середовищі моделювання динамічних процесів Simulink.

Побудована блок-схема генератора пар послідовностей Голея для $L = 2$ (базового модуля) наведена на рис.2.

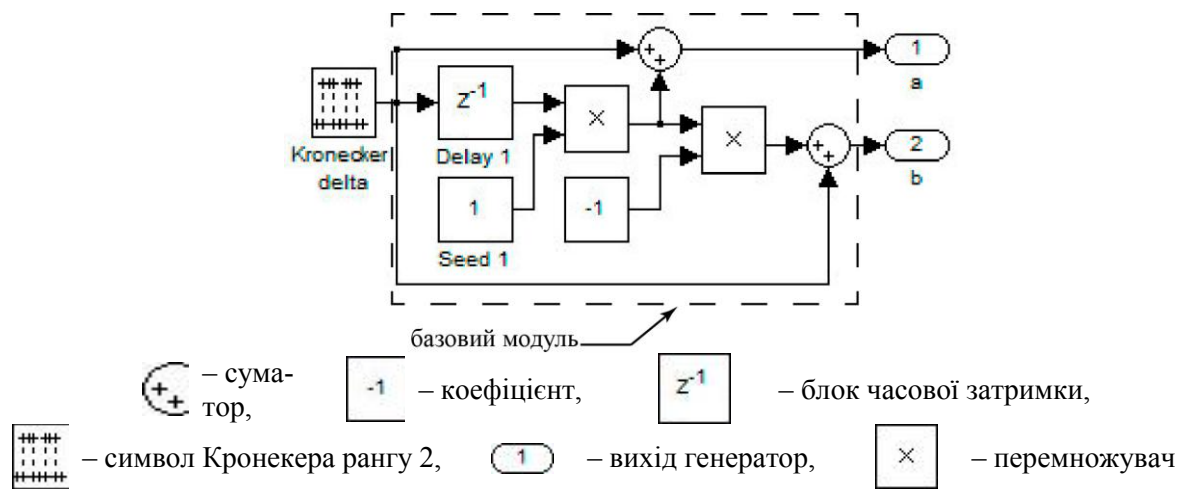


Рис. 2. Блок-схема генератора пар послідовностей Голея для $L = 2$

На рис. 3 наведено осцилограми сигналів з виходів 1 і 2 базової моделі генератора Голея, зображеного на рис. 2

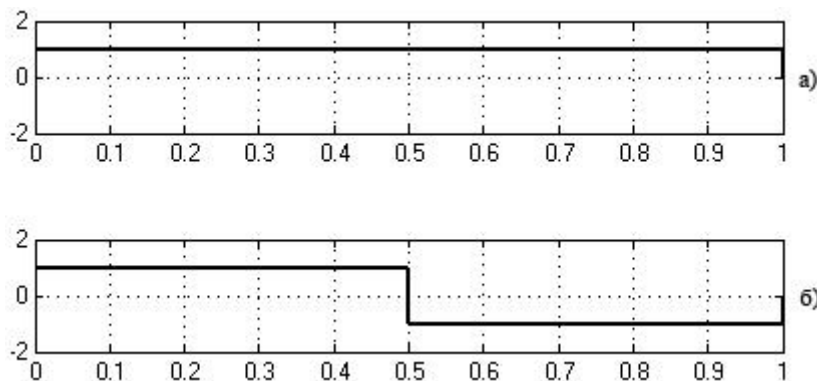


Рис. 3. Осцилограми сигналів з виходів генератора послідовностей Голея для $L = 2$:
а - з виходу «1»; б - з виходу «2»

На основі базового модуля (рис. 2) формуються моделі генераторів послідовностей Голея для $L = 2^n$. Модель генератора Голея при $L=16$ зображена на рис. 4.

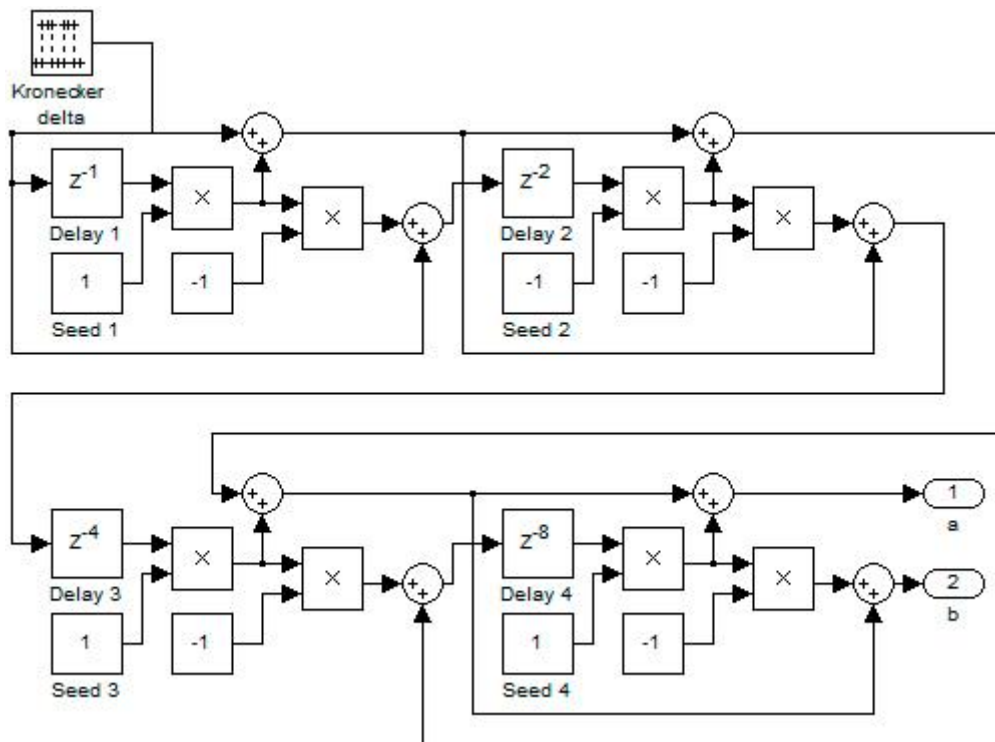


Рис. 4. Блок-схема генератора пар послідовностей Голя для $L = 16$

На виходах 1 і 2 генератора послідовностей Голя при $L = 16$ (рис. 4) отримуємо сигнали осцилограми яких представлено на рис. 5.

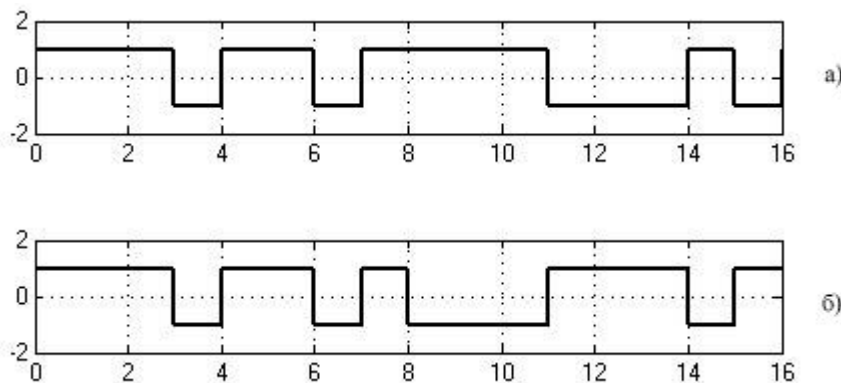


Рис. 5. Осцилограми сигналів з виходів генератора послідовностей Голя для $L = 16$:
a - з виходу «1»; *b* - з виходу «2»

Як можна визначити з рис.5, осцилограми сигналів (послідовності імпульсів) комплементарних пар послідовностей Голя при $L = 16$ відповідають кодам $a_4[k]$ та $b_4[k]$ записаним у (6).

На рис.6 наведено аперіодичні (усічені) АК комплементарної пари $a_4[k]$ та $b_4[k]$ та сумарну АК $Y[k]$. Враховуючи властивість симетрії АК, на рис. 6 показана тільки одна половина для кожної АК.

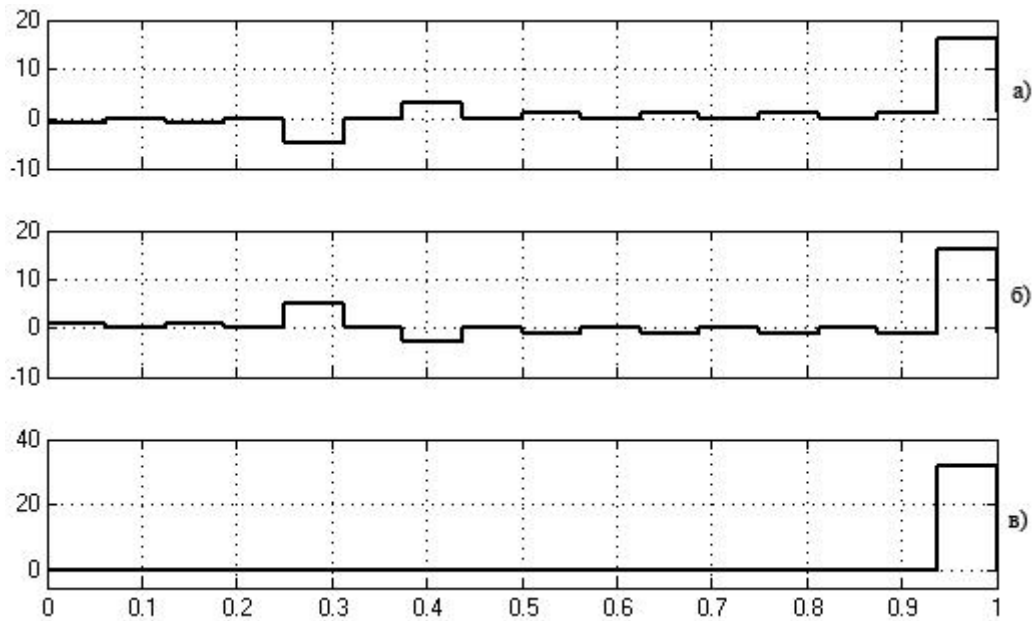


Рис. 6. Автокореляційні функції кодів: a - $a_4[k]$; b - $b_4[k]$;
 v - сума автокореляційних функцій $a_4[k]$ та $b_4[k]$

Як видно з рис.6, v , $Y[k]$ має ідеальну АКФ, що є наслідком властивостей пар комплементарних послідовностей (3) - (6), взаємно кореляційні функції яких при нульовому зсуві дорівнюють нулю.

Висновки

Показано, що на основі реалізованого елементарного базового блоку ефективного генератора Голя можливе формування ефективних генераторів послідовностей Голя заданої довжини $L = 2^n$.

Список літератури: 1. *Golay, M.* Complementary series / *M. Golay* // IRE Trans. Inf. Theory, 1961, 7, (2), pp. 82–87. 2. *Budisin, S.* Efficient pulse compressor for Golay complementary sequences / *S. Budisin* // Electron. Lett., 1991, 27, (3), pp. 219–220 3. *New RACH preambles with low auto-correlation sidelobes and reduced detector complexity* / *ERICSSON* // TSG-RAN Working Group 1 meeting No.3, TSGR1#3(99)205, Nynashamn, Sweden, 22-26 March 1999. 4. *Vazquez Alejos, A.* Ground penetration radar using Golay sequences / *Vazquez Alejos A., Muhammad D., and Ur Rahman Mohammed, H.* // IEEE Region 5 Technical Conf., 2007, April 2007, pp. 318–321. 5. *Xu, B.* Channel estimation using complementary sequence pairs for UWB/OFDMsystems / *Xu B., and Bi G.* // Electron. Lett., 2004, 40, (19), pp. 1196–1197.

Место работы

Надійшла до редколегії 12.02.2012