

УДК 621.317

В. М. Кичак, д. т. н., проф.; В. В. Кичак; Нассір Мансур Махмуд Абухамуд

СИНТЕЗ ШИФРАТОРА ДВІЙКОВОГО КОДУ З ЧАСТОТНО-ІМПУЛЬСНИМ ПРЕДСТАВЛЕННЯМ ІНФОРМАЦІЇ

Розглянуто можливість синтезу радіоімпульсного шифратора двійкового коду з використанням відомих методів, розроблених для випадку імпульсно-потенціального представлення інформації, і частотно-імпульсного методу синтезу радіочастотних логічних елементів. Показано, що використання фізичних схем для синтезу шифратора з радіоімпульсним представленням інформації дозволяє суттєво спростити структурну схему порівняно з традиційними методами з використанням як базису радіочастотних логічних елементів.

Ключові слова: радіочастотні логічні елементи, частотно-імпульсне представлення інформації, шифратор, дешифратор, повний проміжний результат, радіоімпульс, частота заповнення.

Вступ

Якщо інформативними параметрами, які характеризують стан об'єкта, є радіочастотні або частотно-імпульсні сигнали, що має місце, наприклад, у нелінійних системах радіолокації, де як зондуєчі виступають багаточастотні сигнали, і це дозволяє отримати вираш у дальності виявлення цілі без підвищення потужності радіолокатора [1, 2], то доцільно проводити обробку інформаційних сигналів безпосередньо на носійній частоті. Це, по-перше, дасть можливість виключити додаткові перетворення і пов'язані з ними втрати точності, а по-друге, підвищить завадостійкість систем передачі й обробки інформації, що дозволить використовувати однакові й значно менші рівні напруги, які відповідають логічному «0» і «1», в порівнянні з дискретним представленням інформації імпульсно-потенціальними сигналами. Крім того, це дозволяє усунути один з основних недоліків дискретного представлення інформації імпульсно-потенціальними сигналами – необхідність передачі сигналів з низькочастотними складовими спектів.

На сьогодні розроблено основні логічні й операційні елементи з частотним представленням інформації [3, 4], методи їх синтезу і проведено дослідження. Метою цієї роботи є синтез одного з поширених елементів систем обробки інформації – шифратора, призначеного для перетворення вхідного m – розрядного унітарного коду у вихідний n – розрядний позиційний код.

Синтез радіоімпульсного шифратора двійкового коду

Розглянемо синтез шифратора двійкового коду під час частотного представлення інформації, коли логічному нулю відповідає радіоімпульс із частотою заповнення ω_0 , а логічній одиниці – радіоімпульс із частотою заповнення ω_1 .

Відомо, що число входів і виходів шифратора пов'язане співвідношенням $m = 2^n$. Для випадку, коли шифратор використовується для операції перетворення унітарного коду у вихідний двійковий позиційний код, логіка його роботи представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

i	x ₃	x ₂	x ₁	x ₀	y ₁	y ₂	I
	0	0	0	0	-	-	0
	0	0	0	1	0	0	1
	0	0	1	0	0	1	1
	0	1	0	0	1	0	1
	1	0	0	0	1	1	1

Для синтезу структурної схеми радіоімпульсного шифратора спочатку використовуватимемо традиційний метод [5], відповідно до якого структурна схема шифратора в базисі «АБО» має вигляд, приведений на рис. 1. Використовуючи структурну схему радіоімпульсного елемента «АБО» [3], легко побудувати структурну схему шифратора з радіоімпульсним представленням інформації (рис. 2). Як видно з цього рисунка, для побудови такого шифратора необхідно використовувати 6 перетворювачів частоти F , 6 фільтрів верхніх частот Φ_B , 5 розгалужувачів T на два виходи, 4 суматори потужності, 2 смугових фільтри на частоту логічного «0» Φ_c^0 і 2 на частоту логічної «1» Φ_c^1 , 2 генератори допоміжних сигналів на частоти ω_0 і ω_1 , тобто схема дуже складна і її практичне використання недоцільне.

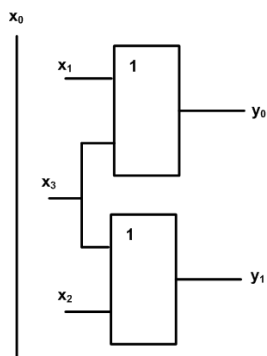


Рис. 1. Структурна схема шифратора з імпульсно-потенційним представленням інформації

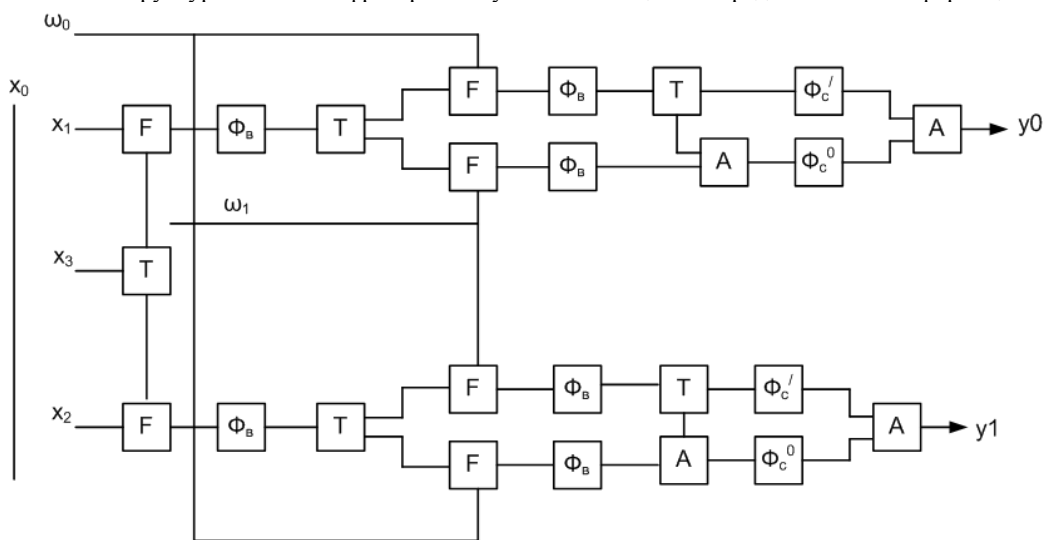


Рис. 2. Структурна схема частотно-імпульсного шифратора

Використовуючи метод синтезу радіоімпульсних логічних елементів, запропонований в [4], і враховуючи рівняння, що описують роботу шифратора [5]:

$$\begin{aligned} y_0 &= x_1 + x_3, \\ y_1 &= x_2 + x_3, \end{aligned} \quad (1)$$

проведемо синтез такого шифратора.

Враховуючи, що логічному «0» відповідає радіоімпульс із частотою заповнення ω_0 , а логічній «1» – радіоімпульс із частотою заповнення ω_1 , таблиця істинності для радіоімпульсного шифратора має вигляд (табл. 2).

Таблиця 2

x_3	x_2	x_1	x_0	y_1	y_2	I
ω_0	ω_0	ω_0	ω_0	-	-	ω_0
ω_0	ω_0	ω_0	ω_1	ω_0	ω_0	ω_1
ω_0	ω_0	ω_1	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1
ω_0	ω_1	ω_0	ω_0	ω_1	ω_0	ω_1
ω_1	ω_0	ω_0	ω_0	ω_1	ω_1	ω_1

Кожну з функцій y можна записати у вигляді операторного рівняння вигляду

$$Y = PX. \quad (2)$$

Це рівняння пов'язує дві інформаційні множини Y і X і одну операторну послідовність P . Виходячи з (2), завдання синтезу шифратора полягає в наступному. Для заданих X і Y необхідно відшукати операторну послідовність P , яка задовольняє рівняння (2), тобто необхідно синтезувати шифратор, який описується операторною послідовністю P і виконує перетворення множини вхідних сигналів X у множину вихідних сигналів Y .

Оскільки операторні послідовності для кожної з функцій Y матимуть загальні частини, то є можливість побудувати спільну операторну послідовність. Враховуючи особливості рівнянь шифратора, тобто те, що не всі інформаційні множини X входять в обидва рівняння (1), спочатку розглянемо синтез операторних послідовностей для кожного з рівнянь (1).

Аналіз таблиці істинності окремо для функцій Y_0 і Y_1 показує, що вони однозначно залежні, оскільки різним значенням повних проміжних результатів (ППР) відповідають різні значення функцій, а однаковим значенням ППР відповідають однакові значення функцій. У цьому випадку ППР розраховуються за виразом:

$$Z = \sum_{i=1}^m \omega_i.$$

Визначимо операторні послідовності для кожної з функцій.

Оскільки окремому набору вхідних сигналів x_1, x_2, \dots, x_n з одного боку відповідає певне значення ППР Z_i , а з другого боку – значення функції Y_i , то можна визначити відхилення значень Z_i від Y_i .

$$\Delta_i = Z_i - Y_i.$$

З набору значень функції відхилення Δ_i виділяємо всі її різні значення. Кількість різних значень Δ_i визначає кількість додаткових сигналів, а значення цих функцій є значеннями цих сигналів.

Під час реалізації функцій Y_i апіорі невідомо, який частотний набір поступає в певний момент часу, тому необхідно провести перевірку на відповідність значень Z_i значенням Y_i шляхом врахування всіх можливих значень Δ_i функції Δ_j , тобто

$$\delta_{ij} = z_i \Delta_j, \quad (j = 1, 2, \dots, g), \quad (3)$$

і лише тоді, коли $\Delta_i = \Delta_j$, значення δ_{ij} дорівнює Y_i . Кожному значенню j відповідає функція C_j , яка на кожному частотному наборі набуває значення 1 або 0, при цьому:

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta_i = \Delta_j \\ 0, & \text{якщо } \Delta_i \neq \Delta_j \end{cases}.$$

Виходячи з цього, значення Y_i визначаються за виразом:

$$Y_i = \delta_{i1}C_{i1} + \delta_{i2}C_{i2} + \dots + \delta_{ig}C_{ig}.$$

Тут значення C_{ij} забезпечують фільтрацію, тобто вказують на належність чи неналежність значень функції Y_i значенням δ_{ij} . Кожна операція (3) реалізується окремим елементом, який

описується оператором F . Для забезпечення надходження сигналу Z_i на всі елементи F необхідно забезпечити його відгалуження, використовуючи елементи, які реалізує оператор T . Для забезпечення вихідного сигналу радіоімпульсного шифратора необхідно відповідним чином вивести з кожної різниці сигналів, що формуються елементами F , k інформаційних сигналів. Це забезпечується за допомогою фільтрів Φ_c^0 і Φ_c^1 . Загалом фільтри можуть виділити сигнали, які виходять з одного елемента F . Виходячи з цього, між елементом F і фільтрами загалом можуть розміщуватися елементи розгалуження T і об'єднання A . Безпосередньо вихідні сигнали радіоімпульсного шифратора формуються об'єднанням сигналів із виходів усіх фільтрів. Ця функція реалізується за допомогою елемента A . Виходячи з цього, представимо всі зазначені розрахунки для функції Y_0 в таблицю 3, яку назовемо зведеною.

Аналіз функції відхилень засвідчує, що вона може набувати тільки одного значення ω_0 , і тому для реалізації функції Y_0 необхідний тільки один допоміжний сигнал. Функції належності приведено в таблиці 4.

Таблиця 3

x_1	x_3	y_0	z_i	$z_i - y_0$	C
ω_0	ω_0	ω_0	$2\omega_0$	ω_0	1
ω_1	ω_0	ω_1	$\omega_0 + \omega_1$	ω_0	1
ω_0	ω_0	ω_0	$2\omega_0$	ω_0	1
ω_0	ω_1	ω_1	$\omega_0 + \omega_1$	ω_0	1

Таблиця 4

C	$f(\omega_0)$	$f(\omega_1)$
1	1	0
1	0	1
1	1	0
1	0	1

Використовуючи ці таблиці, будемо операторний опис функції Y_0 .

$$x_1 \uparrow x_3 \uparrow \omega_0 \uparrow : \downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \downarrow \downarrow F \Phi_B T \uparrow \uparrow \left(\downarrow \Phi_c^0 \uparrow \downarrow \Phi_c^1 \uparrow \right) \downarrow \downarrow A : Y_0.$$

Складемо зведену таблицю для функції Y_1 (табл. 5). З аналізу цієї таблиці випливає, що для реалізації функції Y_1 необхідний тільки один допоміжний радіосигнал з частотою заповнення ω_0 . Функції належності приведено в таблиці 6.

Таблиця 5

x_2	x_3	y_1	z_i	$z_i - y_1$	C
ω_0	ω_0	ω_0	$2\omega_0$	ω_0	1
ω_0	ω_0	ω_0	$2\omega_0$	ω_0	1
ω_1	ω_0	ω_1	$\omega_1 + \omega_0$	ω_0	1
ω_0	ω_1	ω_1	$\omega_1 + \omega_0$	ω_0	1

Таблиця 6

C	$f(\omega_0)$	$f(\omega_1)$
1	1	0
1	1	0
1	0	1
1	0	1

Використовуючи таблиці 5, 6, будемо операторний опис для функції Y_1 .

$$x_2 \uparrow x_3 \uparrow \omega_0 \uparrow : \downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \downarrow \downarrow F \Phi_B T \uparrow \uparrow \left(\downarrow \Phi_c^0 \uparrow \downarrow \Phi_c^1 \uparrow \right) \downarrow \downarrow A : Y_1.$$

З аналізу операторних описів для функцій Y_0 і Y_1 витікає, що для реалізації шифратора необхідний тільки один допоміжний радіосигнал з частотою заповнення ω_0 .

З урахуванням цього і операторних описів для кожної з функцій, будемо загальний операторний опис для шифратора.

$$x_1 \uparrow x_2 \uparrow x_3 \uparrow \omega_0 \uparrow : \downarrow T \uparrow \uparrow \left(\downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \downarrow \downarrow \right)$$

$$F\Phi_B \begin{matrix} 9 & 4 & 8 \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix} F\Phi_B \begin{matrix} 10 & 9 \\ \uparrow & \downarrow \end{matrix} T \begin{matrix} 11 & 12 & 10 \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix} T \begin{matrix} 13 & 14 & 11 \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix} \Phi_C^0 \begin{matrix} 15 & 12 \\ \uparrow & \downarrow \end{matrix} \Phi_C^1 \begin{matrix} 16 & 13 \\ \uparrow & \downarrow \end{matrix} \Phi_C^0 \begin{matrix} 17 & 14 \\ \uparrow & \downarrow \end{matrix}$$

$$\Phi_C^1 \begin{matrix} 18 & 15 & 16 \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix} A \begin{matrix} 19 & 17 & 18 \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix} A \begin{matrix} 20 & 19 & 20 \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix} Y_0 \downarrow Y_1.$$

Цьому операторному опису відповідає структурна схема, приведена на рис. 3.

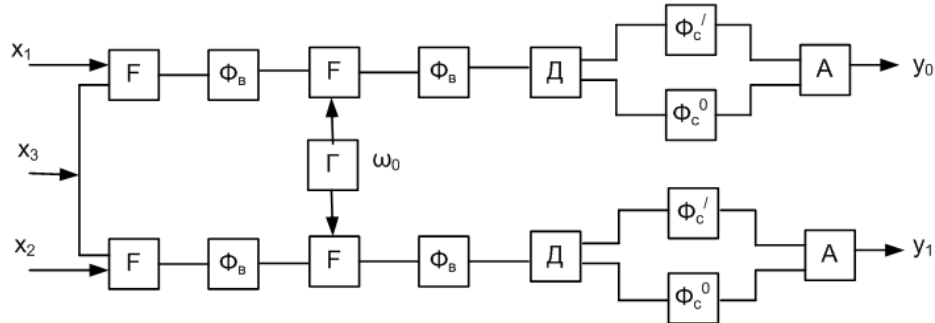


Рис.3. Структурна схема радіоімпульсного шифратора

Порівняння структурних схем шифраторів рис. 2 і рис. 3 засвідчує, що використання запропонованого методу дозволяє спростити структурну схему, а саме: зменшується кількість F елементів на 2, Φ_B елементів – на 2, T і A елементів – на 2 і на одне джерело додаткового радіосигналу.

Висновки

Проведено синтез радіоімпульсного шифратора двійкового коду з використанням фізичних схем, що дозволяє спростити структурні схеми в порівнянні з таким же шифратором, синтезованим за традиційним методом із використанням як базису радіочастотних логічних елементів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов Д. Н. Обработка многочастотных сигналов // Радиоэлектроника. – 2001. – Т. 44. – № 3. – С. 26 – 30.
2. Вернигоров И. С., Борисов А. Р., Харин Б. В. К вопросу о применении многочастотных сигналов и нелинейной радиолокации // Радиотехника и электроника. – 1998. – Т. 43. – № 1. – С. 63 – 66.
3. Кичак В. М. Синтез частотно-импульсных элементов цифровой техники. Монография. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 266 с.
4. Кичак В. М., Семенова О.О. Радиочастотні та широтно-імпульсні елементи цифрової техніки. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 163 с.
5. Бабич Н. П., Жуков И. А. Компьютерная схемотехника. Методы построения и проектирования. – К.: «МК-Пресс», 2004. – 576 с.

Кичак Василь Мартинович – д. т. н., професор, завідувач кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, тел.: 598-219, e-mail: v.kychak@mail.ru.

Кичак Володимир Васильович – студент гр. ІТСМ-06 факультету радіотехніки та телекомунікацій.

Нассір Мансур Махмуд Абухамуд – аспірант кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, e-mail: nassr237@mail.ru.

Вінницький національний технічний університет.