

УДК 621.317

В. М. Кичак, д. т. н., проф.; В. В. Кичак; Нассир Мансур Махмуд Абухамуд**СИНТЕЗ ШИФРАТОРА ДВОИЧНОГО КОДА
С ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ИНФОРМАЦИИ**

Рассмотрена возможность синтеза радиоимпульсного шифратора двоичного кода с использованием известных методов, разработанных для случая импульсно-потенциального представления информации, и частотно-импульсного метода синтеза радиочастотных логических элементов. Показано, что использование физических схем для синтеза шифратора с радиоимпульсным представлением информации позволяет существенно упростить структурную схему по сравнению с традиционными методами с использованием как базис радиочастотных логических элементов.

Ключевые слова: радиочастотные логические элементы, частотно-импульсное представление информации, шифратор, дешифратор, полный промежуточный результат, радиоимпульс, частота заполнения.

Введение

Если информативными параметрами, характеризующими состояние объекта, выступают радиочастотные или частотно-импульсные сигналы, что имеет место, например, в нелинейных радиолокационных системах, где как зондирующие выступают многочастотные сигналы, и это дает возможность получить выигрыш в дальности определения цели без повышения мощности радиолокатора [1, 2], то целесообразно проводить обработку информационных сигналов непосредственно на несущей частоте. Это, во-первых, даст возможность исключить дополнительные преобразования и связанные с ними потери точности, а во-вторых, повысит помехоустойчивость систем передачи и обработки информации, что позволит использовать одинаковые и значительно меньшие уровни напряжения, соответствующие логическому «0» и «1», по сравнению с дискретным представлением информации импульсно-потенциальными сигналами. Кроме того, это позволяет устранить один из главных недостатков дискретного представления информации импульсно-потенциальными сигналами – необходимость передачи сигналов с низкочастотными составляющими спектров.

В настоящее время разработаны основные логические и операционные элементы с частотным представлением информации [3, 4], методы их синтеза и проведены исследования. Целью данной работы является синтез одного из распространенных элементов систем обработки информации – шифратора, предназначенного для преобразования входного m – разрядного унитарного кода в выходной n – разрядный позиционный код.

Синтез радиоимпульсного шифратора двоичного кода

Рассмотрим синтез шифратора двоичного кода при частотном представлении информации, когда логическому нулю соответствует радиоимпульс с частотой заполнения ω_0 , а логической единице – радиоимпульс с частотой заполнения ω_1 .

Известно, что число входов и выходов шифратора связано соотношением $m = 2^n$. Для случая, когда шифратор используется для операции преобразования унитарного кода в выходной двоичный позиционный код, логика его работы представлена в таблице 1.

Для синтеза структурной схемы радиоимпульсного шифратора сначала будем использовать традиционный метод [5], в соответствии с которым структурная схема шифратора в базисе «ИЛИ» имеет вид, приведенный на рис. 1.

Таблица 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

Используя структурную схему радиоимпульсного элемента «ИЛИ» [3], легко построить структурную схему шифратора с радиоимпульсным представлением информации (рис. 2). Как видно из этого рисунка, для построения такого шифратора необходимо использовать 6 преобразователей частоты F , 6 фильтров верхних частот Φ_B , 5 разветвителей T на два выхода, 4 сумматора мощности, 2 полосовых фильтра на частоту логического «0» Φ_c^0 и 2 на частоту логической «1», 2 генератора вспомогательных сигналов на частотах ω_0 и ω_1 , то есть схема очень сложна и ее практическое использование нецелесообразно.

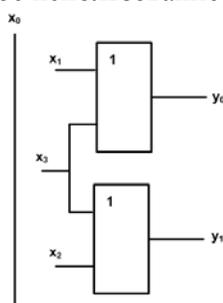


Рис. 1. Структурная схема шифратора с импульсно-потенциальным представлением информации

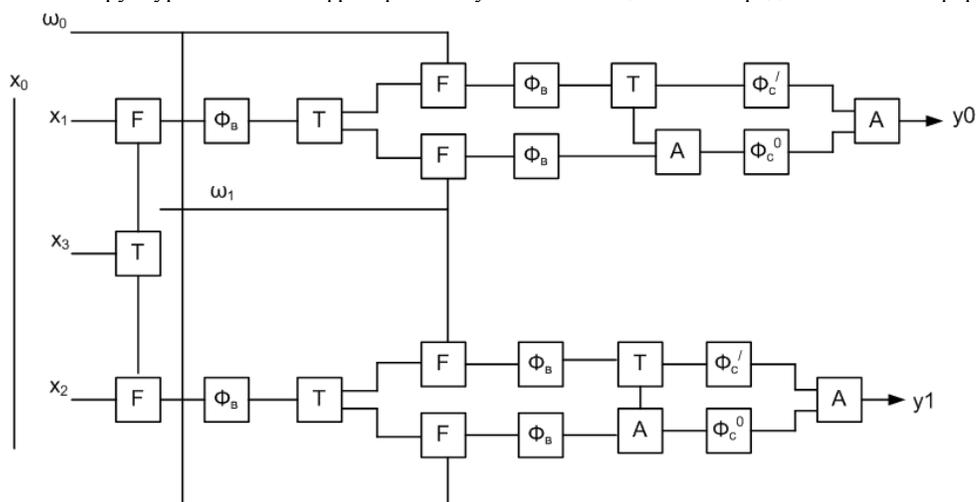


Рис. 2. Структурная схема частотно-импульсного шифратора

Используя метод синтеза радиоимпульсных логических элементов, предложенный в [4], и учитывая уравнения, описывающие работу шифратора [5]:

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

проведем синтез такого шифратора.

Учитывая, что логическому «0» соответствует радиоимпульс с частотой заполнения ω_0 , а логической «1» – радиоимпульс с частотой заполнения ω_1 , таблица истинности для радиоимпульсного шифратора имеет вид (табл. 2).

Таблица 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

Каждую из функций y можно записать в виде операторного уравнения вида:

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

Это уравнение связывает два информационных множества Y и X и одну операторную последовательность P . Исходя из (2), задача синтеза шифратора состоит в следующем. Для заданных X и Y необходимо отыскать операторную последовательность P , удовлетворяющую уравнение (2), то есть необходимо синтезировать шифратор, который описывается операторной последовательностью P и выполняет преобразование множества входных сигналов X в множество выходных сигналов Y .

Поскольку операторные последовательности для каждой из функций Y будут иметь общие части, представляется возможным построить общую операторную последовательность. Учитывая особенности уравнений шифратора, то есть то, что не все информационные множества X входят в оба уравнения (1), будем сначала рассматривать синтез операторных последовательностей для каждого из уравнений (1).

Анализ таблицы истинности отдельно для функций Y_0 и Y_1 показывает, что они однозначно зависимы, так как разным значениям полных промежуточных результатов (ППР) соответствуют разные значения функций, а одинаковым значениям ППР соответствуют одинаковые значения функций. В этом случае ППР рассчитываются по выражению:

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

Определим операторные последовательности для каждой из функций.

Так как отдельному набору входных сигналов x_1, x_2, \dots, x_n с одной стороны соответствует определенное значение ППР Z_i , а с другой стороны – значения функции Y_i , то можно определить отклонения значений Z_i от Y_i .

$$\Delta_i = Z_i - Y_i.$$

Из набора значений функции отклонения Δ_i выделяем все ее разные значения. Количество разных значений Δ_i определяет количество дополнительных сигналов, а значения этих функций являются значениями этих сигналов.

При реализации функций Y_i априори неизвестно, какой частотный набор поступает в данный момент времени, поэтому необходимо произвести проверку на соответствие значений Z_i значениям Y_i путем учета всех возможных значений Δ_i функции Δ_j , то есть

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

и только тогда, когда $\Delta_i = \Delta_j$, значения δ_{ij} будут равны Y_i . Каждому значению j соответствует функция C_j , которая на каждом частотном наборе принимает значение 1 или 0, при этом:

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

Исходя из этого, значения Y_i определяются по выражению:

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

Здесь значения C_{ij} обеспечивают фильтрацию, то есть указывают на принадлежность или непринадлежность значений функции Y_i значениям δ_{ij} . Каждая операция (3) реализуется отдельным элементом, который описывается оператором F . Для обеспечения поступления сигнала Z_i на все элементы F необходимо обеспечить его ответвление, используя элементы, которые реализует оператор T . Для обеспечения выходного сигнала радиоимпульсного шифратора необходимо соответствующим образом вывести из каждой разности сигналов, которые формируются элементами F , K информационных сигналов. Это обеспечивается с помощью фильтров Φ_C^0 и Φ_C^1 . В общем случае фильтры могут выделить сигналы, которые выходят из одного элемента F . Исходя из этого, между элементом F и фильтрами в общем случае могут размещаться элементы разветвления T и объединения A . Непосредственно выходные сигналы радиоимпульсного шифратора формируются объединением сигналов с выходов всех фильтров. Эта функция реализуется с помощью элемента A . Исходя из этого, представим все указанные расчеты для функции Y_0 в таблице 3, которую назовем сводной.

Анализ функции отклонений показывает, что она может принимать только одно значение ω_0 , и поэтому для реализации функции Y_0 необходим только один вспомогательный сигнал. Функции принадлежности приведены в табл. 4.

Таблица 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

Таблица 4

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

Используя эти таблицы, строим операторное описание функции Y_0 .

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

Составим сводную таблицу для функции Y_1 (табл. 5).

Из анализа этой таблицы следует, что для реализации функции Y_1 необходим только один вспомогательный радиосигнал с частотой заполнения ω_0 . Функции принадлежности приведены в табл. 6.

Таблица 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

Таблица 6

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

Используя таблицы 5, 6, строим операторное описание для функции Y_1 .

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

Из анализа операторных описаний для функций Y_0 и Y_1 следует, что для реализации шифратора необходим только один радиосигнал с частотой заполнения ω_0 .

С учетом этого и операторных описаний для каждой из функций, строим общее

операторное описание для шифратора.

$$\begin{aligned}
 & x_1 \uparrow x_2 \uparrow x_3 \uparrow \omega_0 \uparrow : \downarrow T \uparrow \uparrow \left(\downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow \right) \\
 & F \Phi_B \uparrow \downarrow \downarrow F \Phi_B \uparrow \downarrow T \uparrow \uparrow \downarrow T \uparrow \uparrow \downarrow \Phi_C^0 \uparrow \downarrow \Phi_C^1 \uparrow \downarrow \Phi_C^0 \uparrow \downarrow \\
 & \Phi_C^1 \uparrow \downarrow \downarrow A \uparrow \downarrow \downarrow A \uparrow : \downarrow Y_0 \downarrow Y_1 .
 \end{aligned}$$

Этому операторному описанию соответствует структурная схема, приведенная на рис. 3.

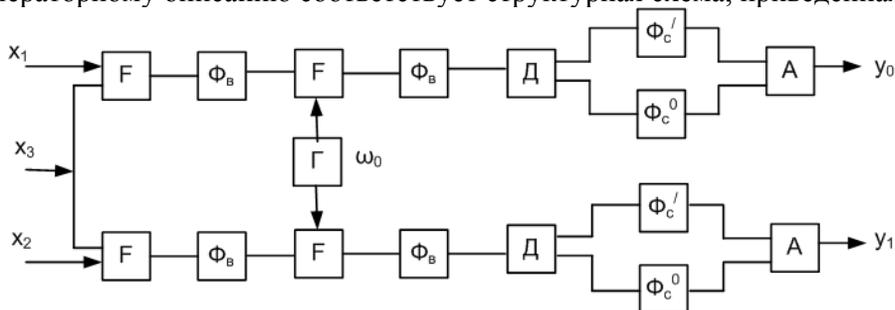


Рис. 3. Структурная схема радиоимпульсного шифратора

Сравнение структурных схем шифраторов рис. 2 и рис. 3 показывает, что использование предложенного метода позволяет упростить структурную схему, а именно: уменьшается количество F элементов на 2, Φ_B элементов – на 2, T и A элементов – на 2 и на один источник дополнительного радиосигнала.

Выводы

Проведен синтез радиоимпульсного шифратора двоичного кода с использованием физических схем, что позволяет упростить структурные схемы по сравнению с таким же шифратором, синтезированным по традиционному методу с использованием как базиса радиочастотных логических элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. – Винница: 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 Василий Мартынович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой телекоммуникационных систем и телевидения, тел. 598-219, e-mail: v.kychak@mail.ru.

Кичак Владимир Васильевич – студент гр. 1ТСМ-06 факультет радиотехники и телекоммуникаций.

Нассир Мансур Махмуд Абухамуд – аспирант кафедры телекоммуникационных систем и телевидения, e-mail: nassr237@mail.ru.

Винницкий национальный технический университет.