

3. Lior Shamir, "Handedness asymmetry of spiral galaxies with  $z < 0.3$  shows cosmic parity violation and a dipole axis", Physics Letters B, Volume 715, Issues 1-3, 29 August 2012, Pages 25-29.
4. Zeldovich Ia. B., Novikov I. D., Structure and evolution of the Universe, Moscow, Nauka, 1975, In Russian.
5. Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; et al. (Planck Collaboration) (22 March 2013). "Planck 2013 results. I. Overview of products and scienti\_c results – Table 9, 10". Astronomy and Astrophysics. (A&A 571, A1 (2014)).

**Литература**

1. <http://ccapp.osu.edu/workshops/GLCW8/glcw8/talks/mLongo.pdf>
2. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370269311003947>
3. Lior Shamir, "Handedness asymmetry of spiral galaxies with  $z < 0.3$  shows cosmic parity violation and a dipole axis", Physics Letters B, Volume 715, Issues 1-3, 29 August 2012, Pages 25-29.
4. Зельдович Я. В., Новиков И. Д., Структура и эволюция Вселенной, Москва, Наука, 1975.
5. Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; et al. (Planck Collaboration) (22 March 2013). "Planck 2013 results. I. Overview of products and scienti\_c results – Table 9, 10". Astronomy and Astrophysics. (A&A 571, A1 (2014)).

Рецензія/Peer review : 20.9.2015 р.

Надрукована/Printed :20.10.2015 р.

**УДК 621.391**

**Ю.С. ГОРОХОВ, Н.В. ЗАХАРЧЕНКО, В.В. КОРЧИНСКИЙ, Б.К. РАДЗИМОВСКИЙ**

Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова

**ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ  
ТАЙМЕРНЫХ СИГНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Показана целесообразность использования таймерных сигнальных конструкций в качестве линейных сигналов для задачи повышения объема передаваемой информации. Рассмотрены различные варианты построения линейных таймерных сигналов. Обосновано введение в структуру сигнала дополнительных импульсных составляющих, обеспечивающих стабильность работы системы синхронизации приемника.*

*Ключевые слова: линейный сигнал, таймерная сигнальная конструкция, спектр, элемент дельта.*

Y.S. HOROKHOV, M.V. ZAKHARCHENKO, V.V. KORCHYNSKII, B.K. RADZIMOVSKIY

Odessa national academy of telecommunication by O. S. Popov

**CONSTRUCTING A LINEAR SIGNAL BASED ON THE TIMER SIGNAL CONSTRUCTIONS**

*The expediency of using timer signal designs as line signals to the problem of increasing the volume of information transmitted. Various variants of linear timing signals. Justify the introduction of the structure of the additional pulse signal components to ensure the stability of the synchronization system of the receiver.*

*Keywords: linear signal timed signal structures spectrum delta element.*

**Вступление**

Особенности передачи дискретной информации на физическом уровне находят свое отражение в методах представления информационных двоичных единиц и нулей с помощью импульсных или синусоидальных сигналов в линиях связи. Известно, что использование однополярного двоичного сигнала в качестве линейного упрощает техническую реализацию системы связи [1]. Однако его применение ограничивается наличием целого ряда недостатков, основным из которых является сравнительно высокий уровень постоянной составляющей, снижающей в значительной степени помехоустойчивость передаваемой информации [1]. При оценке структуры цифрового линейного сигнала (ЦЛС), как правило, ориентируются на следующие критерии его эффективности: минимум ширины спектра результирующего сигнала при одной и той же битовой скорости; качество структуры сигнала для решения задач самосинхронизации и распознавания ошибок на приемной стороне; несложность реализации. Существующие методы передачи ЦЛС [1] в той или иной мере удовлетворяют данным критериям, однако актуальными являются исследования, которые направлены на повышение объема передаваемой информации по линиям связи без расширения спектра сигнала. Поэтому, для решения данной задачи в статье рассмотрен синтез ЦЛС на базе таймерных сигнальных конструкций.

**Построение линейных таймерных сигнальных конструкций**

Методы изменения полосы частот ЦЛС [1] основываются на том, что энергетический спектр  $G(a)$  произвольной последовательности импульсов можно представить в виде произведения двух множителей:

$$G(\omega) = G_1(\omega) G_2(\omega), \tag{1}$$

где  $G_1(\omega)$  – энергетический спектр кодового сигнала;  $G_2(\omega)$  – энергетический спектр последовательности  $\delta(\omega)$ , который определяется статистическими свойствами информационного или специальным образом кодированного сигнала, и, имеют обусловленную полярность и амплитудные

значения в соответствии с множителями при  $\delta(\omega)$ . Трансформация формы энергетического спектра  $G_1(\omega)$  возможна только при соответствующем преобразовании структуры сигнала. Рассмотрим реализацию прямоугольной формы сигнала

$$f(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq \Delta\tau, \\ 0, & -\infty < t < 0; \Delta\tau < t < \infty. \end{cases} \quad (2)$$

Требование к ЦЛС на отсутствие в их спектрах постоянной составляющей означает, что сумма элементов сигнала, вычисленная на сравнительно коротком интервале времени  $T$  согласно выражению

$$\xi(T) = \sum_{t=T_0}^T a_t^{(k)} \quad (3)$$

должна быть минимальной. Однако энергетический спектр прямоугольного сигнала (2) на нулевой частоте ( $\omega=0$ ) имеет максимальное значение, поэтому для его уменьшения целесообразно применение биполярного сигнала [1]:

$$f_{\text{бс}}(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq \Delta\tau / 2, \\ -1, & \Delta\tau / 2 < t \leq \Delta\tau, \\ 0, & -\infty < t < 0; \Delta\tau < t < \infty. \end{cases} \quad (4)$$

Спектр такого сигнала расширяется в два раза, но появление импульсов противоположной полярности равновероятно, поэтому они взаимно компенсируются. Информационная эффективность такого биполярного сигнала невысокая, так как для передачи только одного двоичного символа «1» или «0» используется последовательность линейного сигнала их двух импульсов (+1, -1).

Одним из методов устранения избыточности источника и увеличения количества передаваемой информации на заданном интервале времени в телекоммуникационных системах может быть применение сигнальных конструкций, в которых расстояния между моментами модуляции в одной кодовой конструкции не меньше интервала Найквиста, а энергетическое расстояние между кодовыми конструкциями определяется элементом  $\Delta$  меньшим от интервала Найквиста. Известно [2, 3], что такими свойствами обладают таймерные сигнальные конструкции (ТСК). На отрезке из  $n$  единичных временных интервалов  $t_0$  можно получить

$$N_p = \sum_{i=1}^n C_{ns-i(s-1)}^i, \quad (5)$$

сигнальных конструкций с  $i$  значащими моментами модуляции, что больше чем при позиционном кодировании. В табл. 1 приведено количество реализаций ТСК с различным числом информационных значащих моментов модуляции (ЗММ) и среднее значение числа ЗММ при разных значениях  $s \in (1...20)$  и  $T_c = 8t_0$  и  $10t_0$ .

Таблица 1

**Количество реализаций ТСК с различным числом информационных ЗММ и среднее значение числа ЗММ**

$n \backslash s$	1	2	3	4	5	10	15	20
8	255	1596	5895	16492	38739	735450	4952841	20628612
	4,02	4,3	4,5	4,67	4,76	5,11	5,3	5,49
10	1023	10945	58424	217224	644760	27042520	$3,02 \cdot 10^8$	$1,83 \cdot 10^9$
	5	5,4	5,67	5,85	6	6,44	6,68	6,83

Сигнальный алфавит бинарных ТСК формируется на интервале времени  $T_c = nt_0$ , где  $t_0$  – величина, обратная полосе пропускания канала  $\Delta F$ , при базовом элементе  $\Delta$ , где  $\Delta = t_0/s$ ;  $s \in 1; 2; 3; \dots k$  – целые числа. Пример формирования сигнального алфавита бинарных ТСК на интервале времени  $T_c = 7t_0$  при базовом элементе  $\Delta$  показан на рис. 1 (а). Каждый ЗММ может занимать на интервале формирования ТСК позиции, расположенные на расстоянии  $k\Delta \geq t_0$  друг от друга по отношению к предыдущему, причем  $\Delta$  определяется как минимальное расстояние между соседними положениями одного ЗММ в разных конструкциях. Информация о передаваемом сообщении, переносимая ТСК, содержится в номере временной позиции, занимаемой ЗММ.

Из правила построения таймерных сигналов следует, что в каждой сигнальной конструкции временной импульс с длительностью  $\Delta$  в канал не передается. Однако значение элемента  $\Delta$  учитывается, когда на приеме производится оценка поступившей сигнальной конструкции в сравнении со всеми возможными реализациями. Выбор множества ТСК, удовлетворяющих уравнению качества [2,3], позволяет решать задачи по обнаружению и исправлению ошибок на приёмной стороне.

Для случайного процесса, в котором случайная величина может принимать одно из двух равновероятных значений  $\pm 1$  в точках кратных  $t_0$ , спектр определяется зависимостью

$$S_1(\omega) = t_0 \left( \frac{\sin \frac{\omega t_0}{2}}{\frac{\omega t_0}{2}} \right)^2, \quad (6)$$

а для сигнальных конструкций, построенных на базе таймерных сигналов с чередованием полярности импульсов (+1, -1) спектр сигнала будет

$$S_2(\omega) = t_0 \left( \frac{\sin \omega t_0}{\omega t_0} \right)^2 = S_1(2\omega). \quad (7)$$

Анализ односторонней спектральной плотности позиционных кодов и таймерных сигналов (рис. 2) показал их сходство. Достоинством линейных таймерных сигналов является отсутствие в их структуре длинной последовательности импульсов положительной или отрицательной полярности, что исключает необходимость введения предварительной процедуры скремблирования исходной последовательности. Однако неэквидистантность импульсов в таймерном сигнале усложняет работу тактовой синхронизации. Поэтому структура сигнала должна содержать составляющие, которые обеспечивают её свойствами самосинхронизации.

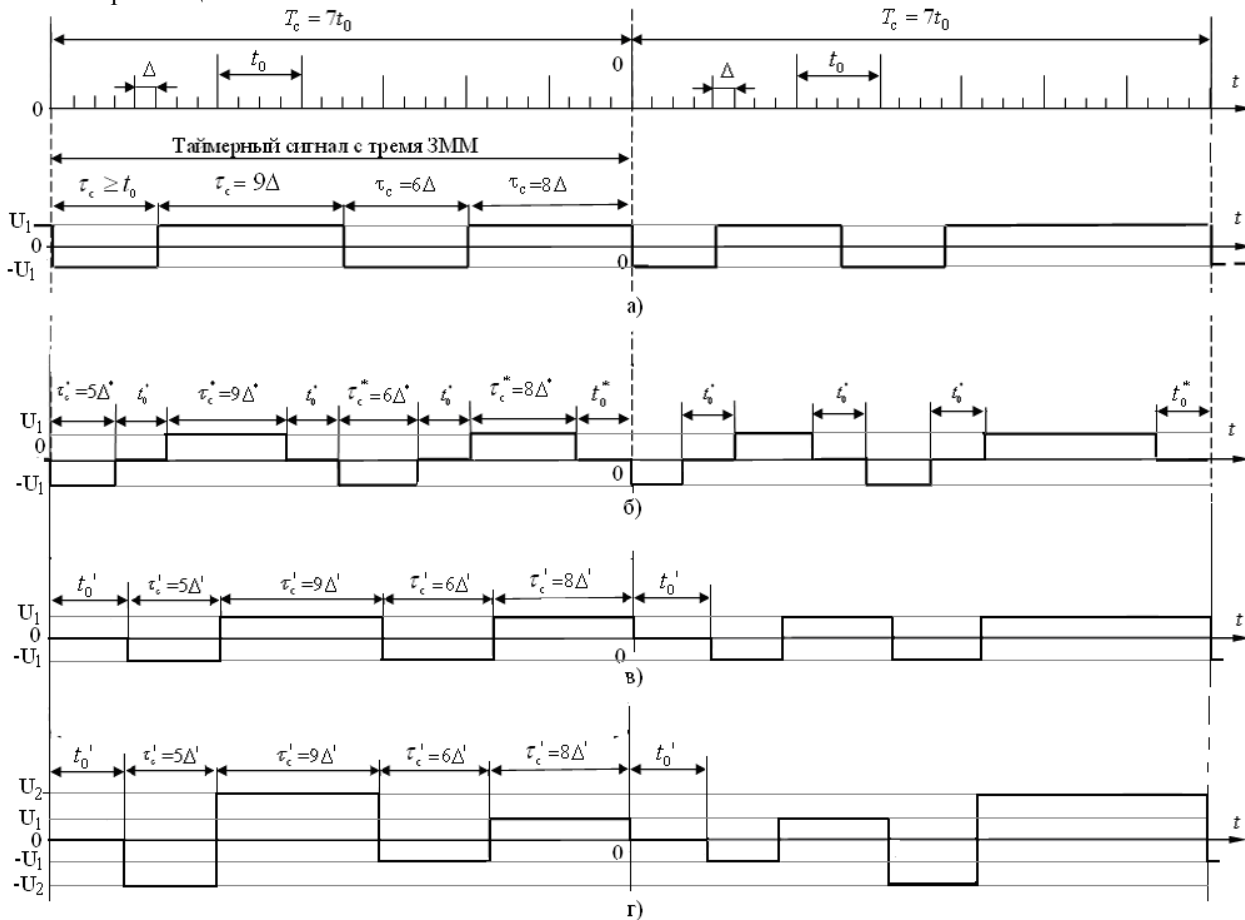


Рис. 1. Бинарные таймерные сигнальные конструкции (а) и сформированные на их основе линейные сигналы с нулевыми элементами  $\tau_c^*$  (б)

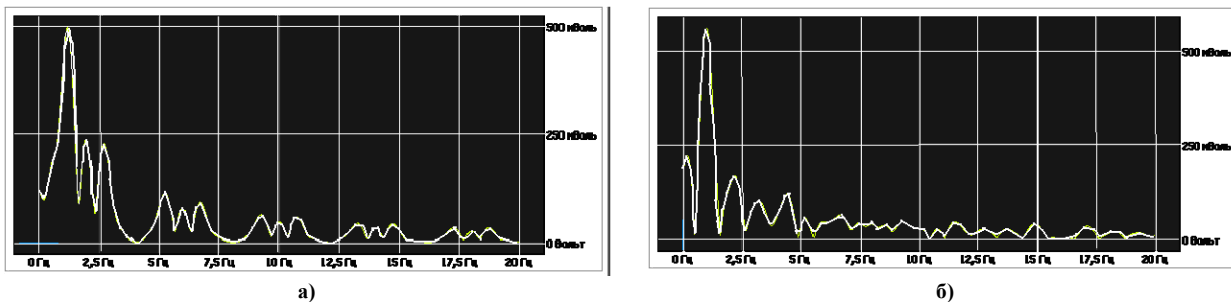


Рис. 2. Спектр позиционного кода (а) и таймерного сигнала (б)

Использование принципа троичного кодирования (рис. 1 (б) ) обосновывает, в этом случае,

введение дополнительного нулевого уровня длительностью  $\tau_c^*$  между положительными и отрицательными временными импульсами таймерной сигнальной конструкции. Очевидно, что при таком методе построения линейного сигнала обеспечение способности сигнальной конструкции к самосинхронизации осуществляется за счет избыточных неинформационных импульсов одинаковой длительности  $\tau_c^*$ , число которых зависит от количества переходов значащих моментов модуляции. Для согласования скорости источника сообщений и кодера линейного сигнала требуется пропорциональное уменьшение длительностей импульсов формируемых сигнальных конструкций для данного примера на 43%, т.е.  $\tau_c^* < t_0$ . Ширина спектр будет не намного меньше, чем у биполярного позиционного сигнала (4), однако выигрыш по количеству передаваемой информации увеличится в два и более раза. При этом избыточность символов нулевого уровня уменьшит длину базового элемента  $\Delta$ , т.е.  $\Delta^* = 0,63\Delta$ .

На рис. 1 (в) показан линейный сигнал с одним нулевым элементом в начале таймерной конструкции. Длительность элемента  $\Delta^*$  уменьшится всего лишь на 12,5%, а выигрыш по занимаемой полосе составит 41%. При такой структуре линейного сигнала импульс с длительностью  $\Delta^*$  выполняет функцию стартового элемента, по которому запускается система тактовой синхронизации приемника на время обработки одной сигнальной конструкции. Очевидно, что сложность реализации приемного устройства в предложенном методе синтеза линейного сигнала возрастает незначительно.

На рис 1 (г) предложена структура таймерной сигнальной конструкции с четырьмя уровнями. Такой вариант построения линейного сигнала позволяет без увеличения полосы пропускания увеличить объем передаваемой информации по сравнению с двух полярной ТСК в  $(2^n-1)$  раз.

### Выводы

Предложены различные варианты построения линейных сигналов на основе ТСК, обладающих свойствами обнаружения и исправления ошибок. Обоснована целесообразность введения в структуру сигнала дополнительных импульсных составляющих, обеспечивающих стабильность работы системы синхронизации приемника. Применение линейных таймерных сигналов позволяет повысить по сравнению с известными линейными сигналами объем передаваемой информации в два и более раз.

### Литература

1. Башлы П.Н. Современные сетевые технологии. / П.Н. Башлы / – К.: Изд.: Горячая линия – телеком, 2006, – 334 с. – Серия: Серия учеб. пособия для вузов.
2. Захарченко В.М. Синтез багатопозиційних часових кодів / В.М. Захарченко. – Київ: Техніка, 2012. – 284 с.
3. Захарченко Н. В. Основы кодирования: учебное пособие / Н. В. Захарченко, А. С. Крысько, В.Н. Захарченко – Одесса: УГАС им. А. С. Попова, 1999. – 240 с.

### References

1. Bashli P.N. Sovremennye setevye tehnologii. / P.N. Bashli / – K. Izd. Goryachaya liniya – telekom\_2006\_ – 334 s. – Seriya\_ Seriya ucheb. posobiya dlya vuzov.
2. Zaharchenko V.M. Sintez bagatopozicijnih chasovih kodiv / V.M. Zaharchenko. – Kiiv: Tehnika, 2012. – 284 s.
3. Zaharchenko N. V. Osnovy kodirovanija: uchebnoe posobie / N. V. Zaharchenko, A. S. Kry's'ko, V.N. Zaharchenko – Odessa: UGAS im. A. S. Popova, 1999. – 240 s.

Рецензія/Peer review : 9.11.2014 р.

Надрукована/Printed :27.10.2015 р.