

ГЕНЕРАТОР КОДА БАРКЕРА ДЛЯ DSSS ПРИЛОЖЕНИЙ

И. Шкорупеев, В. Радчинский, Г.Сорокин

Технический Университет Молдовы

Аннотация: В данной работе рассмотрено применение кода Баркера для DSSS-систем. Предлагается схема генератора кода Баркера, выполненного на основе логических схем. Определено дальнейшее направление работ по определению технических характеристик разработанного устройства.

Ключевые слова: DSSS, код Баркера, шумоподобный сигнал.

1. ВВЕДЕНИЕ

Системы передачи информации (СПИ), в настоящее время являются одним из наиболее развивающихся направлений в радиотехнике. Увеличиваются потоки информации и скорости её передачи, повышаются требования к точности и достоверности передаваемой информации, ужесточаются требования по электромагнитной совместимости с другими устройствами и использованию частотного ресурса. Необходимым требованием к СПИ стала надежная работа в условиях сложной электромагнитной обстановки, в том числе естественных и преднамеренных помех и помех от других радиотехнических систем, работающих на близких частотах. Так же предъявляются требования к массогабаритным показателям аппаратуры, её стоимости, простоте обслуживания и безопасности.

Среди всех существующих СПИ, наибольший интерес представляют системы связи с использованием шумоподобных сигналов (ШПС). Применение широкополосных методов позволяет получить такие результаты в области систем связи, навигации и управления, которые невозможно получить при использовании обычных сигналов, а именно: секретность передачи сообщения, скрытность сигналов, высокая помехозащищенность в условиях воздействия мощных помех. Кроме того, системы с ШПС способны обеспечить кодовую адресацию большого числа абонентов и их кодовое разделение при работе в общей полосе частот, и обладают гораздо лучшей электромагнитной совместимостью по сравнению с узкополосными системами радиосвязи [1-4].

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методы расширения спектра получили название благодаря тому, что полоса частот, используемая для передачи сигнала, намного шире минимальной, необходимой для передачи данных. Основная идея метода состоит в том, чтобы распределить информационный сигнал (простой или шумоподобный) по широкой полосе радиодиапазона, что в итоге позволяет значительно усложнить подавление или перехват сигнала.

Одним из способов повышения эффективности передачи информации с помощью модулированных сигналов через канал с сильными линейными искажениями (замираниями) является расширение спектра, приводящее к увеличению базы сигнала.

В существующих на сегодняшний день системах передачи данных для этой цели используется [расширение спектра методом прямой последовательности](#) (ППС) ([англ. DSSS — Direct Sequence Spread Spectrum](#)).

В методе прямого последовательного расширения спектра используется весь частотный диапазон, выделенный для одной беспроводной линии связи. В отличие от метода FHSS ([псевдослучайная перестройка рабочей частоты](#) (ППРЧ) [англ. FHSS — Frequency Hopping Spread Spectrum](#)), весь частотный диапазон занимает не за счет постоянных переключений с частоты на частоту, а за счет того, что каждый бит информации заменяется N-битами, так что тактовая скорость передачи сигналов увеличивается в N раз. А это, в свою очередь, означает, что спектр сигнала также расширяется в N раз. Необходимо только соответствующим образом выбрать скорость передачи данных и значение N, чтобы спектр сигнала заполнил весь диапазон.

Цель кодирования методом DSSS та же, что и методом FHSS, - повышение устойчивости к помехам. Узкополосная помеха будет искажать только определенные частоты спектра сигнала, так что приемник с большой степенью вероятности сможет правильно распознать передаваемую информацию.

Код, которым заменяется двоичная единица исходной информации, называется расширяющей последовательностью, а каждый бит такой последовательности - чипом. Соответственно, скорость передачи результирующего кода называют чиповой скоростью. Двоичный ноль кодируется инверсным значением расширяющей последовательности. Приемники должны знать расширяющую последовательность, которую использует передатчик, чтобы понять передаваемую информацию.

Количество битов в расширяющей последовательности определяет коэффициент расширения исходного кода. Как и в случае FHSS, для кодирования битов результирующего кода может использоваться любой вид модуляции, например BPSK.

Чем больше коэффициент расширения, тем шире спектр результирующего сигнала и выше степень подавления помех. Но при этом растет занимаемый каналом диапазон спектра. Обычно коэффициент расширения имеет значение от 10 до 100. Пример спектров сигналов узкополосного и с DSSS показан на рис.1.1.

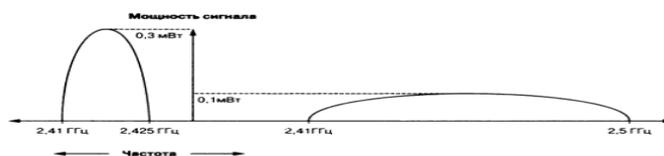


Рис.1.1. Сравнение спектров узкополосного и DSSS – сигналов

Очень часто в качестве значения расширяющей последовательности берут последовательность Баркера (Barker), которая состоит из определенного количества бит. Последовательность Баркера позволяет приемнику быстро синхронизироваться с передатчиком, то есть надежно выявлять начало последовательности. Приемник определяет такое событие, поочередно сравнивая получаемые биты с образцом последовательности. Действительно, если сравнить последовательность Баркера с такой же последовательностью, но сдвинутой на один бит влево или вправо, мы получим меньше половины совпадений значений битов. Значит, даже при искажении нескольких битов с большой долей вероятности приемник правильно определит начало последовательности, а значит, сможет правильно интерпретировать получаемую информацию.

Как видно из рис.1.1. одним из основных элементов системы с расширенным спектром является генератор псевдослучайной последовательности. В системах, использующих DSSS, в качестве генератора расширяющей последовательности используют генераторы кода Баркера. Сигналы Баркера обладают уникальным свойством: независимо от числа позиций M значения их автокорреляционных функций (АКФ), вычисляемые по формуле (1.1), при всех $n \neq 0$ не превышают единицы.

$$B_u(n) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} u_j u_{j-n} \quad (1.1)$$

В тоже время энергия этих сигналов, т.е. величина $B_u(0)$, численно равна M . Графическое изображение АКФ 11-ти разрядной последовательности Баркера, показано на рис.1.2.

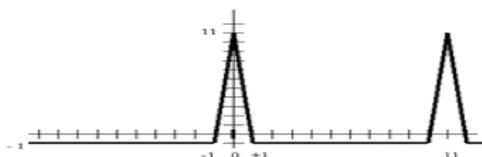


Рис.1.2. АКФ одиннадцатиразрядной последовательности Баркера

Такую АКФ можно назвать идеальной, поскольку на ней отсутствуют боковые пики, которые могли бы способствовать ложному обнаружению сигнала. Такие коды существуют для $N \leq 13$. Ниже приводится таблица кодов Баркера.

Таблица №1 Коды Баркера

N	k												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	+1	-1											
3	+1	+1	-1										
4	+1	+1	-1	+1									
5	+1	+1	+1	-1	+1								
7	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1						
11	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1		
13	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	+1

Ниже рассмотрен метод, при котором каждый информационный символ представляется 11-разрядным кодом Баркера вида 11100010010. Для передачи единичного и нулевого символов сообщения используются прямая и инверсная последовательности соответственно. Для модуляции несущего колебания в этом случае используются уже не исходные информационные символы сообщения, а прямые и инверсные последовательности кода Баркера, так, как показано на рис.1.3.

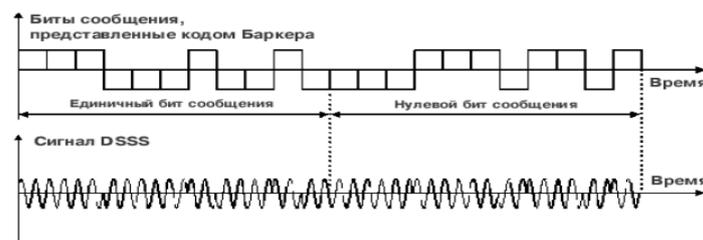


Рис.1.3. Модуляция несущего колебания последовательностями кода Баркера

Генераторы кода Баркера можно реализовать или с помощью регистров сдвига с отводами [3,4], либо на логических схемах. Структурная схема генератора кода Баркера на регистре сдвига показана на рис.1.4.

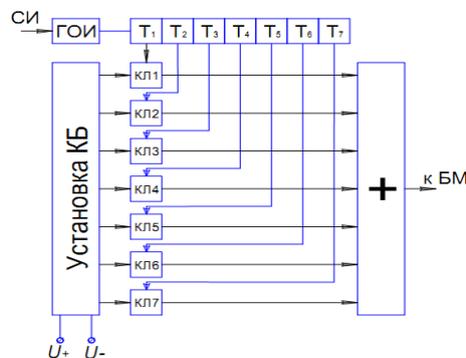


Рис.1.4. Генератор 7-разрядного кода Баркера на сдвиговом регистре

Работа генератора управляется синхроимпульсами (СИ), которые запускают генератор одиночных импульсов (ГОИ). Длительность одиночного импульса соответствует длительности чипового сигнала. Импульсы с выхода регистра сдвига управляют состоянием ключей (КЛ), которые на сумматор пропускают уровни сигнала (“+” или “-“) с блока установки кода Баркера. В этом случае на выходе сумматора (+) формируется соответствующий код Баркера.

Гораздо проще генератор расширяющей последовательности (в нашем случае генератор 11-разрядного кода Баркера) выполнить на основе счетчиков импульсов. Если задать счетчик периодической последовательностью 11-ти разрядного кода Баркера 11100010010, 11100010010, 11100010010, то внутренние состояния всех триггеров счетчика будут изменяться в соответствии с кодом Баркера. Для получения 11-ти различных внутренних состояний необходимо использовать не менее пяти триггеров. В этом случае генератор кода Баркера будет задаваться графом переходов, показанным на рис.1.5. Выполнив синтез автомата, можно получить следующие логические уравнения:

$$J_1 = Q_2 \cdot \overline{Q_5} \cdot \overline{Q_3} \cdot Q_5; K_1 = Q_2 \cdot \overline{Q_5} \cdot Q_3 \cdot \overline{Q_5} \cdot . \quad (1.2)$$

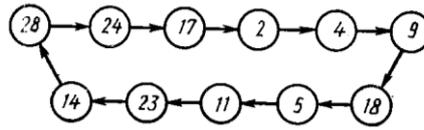


Рис.1.5. Граф переходов 11-разрядного кода Баркера

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Схема электрическая принципиальная генератора 11-разрядного кода Баркера выполнена на основе микросхем серии к155, содержит пять триггерных схем и представлена на рис.1.6.

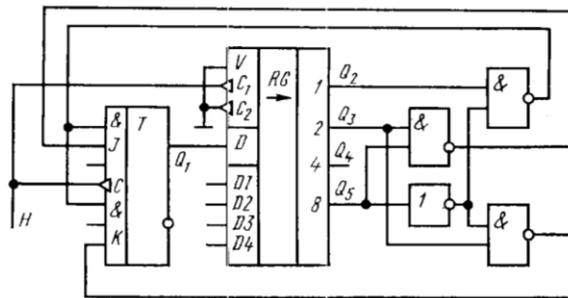


Рис.1.6. Схема генератора 11-ти разрядного кода Баркера

T-триггер реализован на микросхеме K155ТВ1. Микросхема представляет собой JK-триггер с логикой на входе ЗИ. Регистр (RG) выполнен на микросхеме K155ИР1. Данная микросхема представляет собой 4-разрядный универсальный сдвигающий регистр. Соответствующие обратные связи с помощью логических схем (микросхема K155ЛАЗ) задают граф переходов генератора.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, был рассмотрен метод расширения спектра метом прямой последовательности (DSSS). Показано, что в качестве расширяющей последовательности в DSSS приложениях лучше использовать последовательности Баркера, которые обладают хорошими корреляционными свойствами. Разработана схема 11- разрядного кода Бакера на логических схемах 155 серии . В настоящее время разрабатывается печатная плата генератора для экспериментального исследования характеристик модуля.

5. БИБЛИОГРАФИЯ

1. D. Beeler, H. Kaufmann. Time integrating correlator (TIC) for real-time processing of spread-spectrum signals, Proc. IEEE 1990 Custom Integrated Circuits Conference, Boston, 1990, pp.7.6.1-7.6.4.
2. О. Харни, К.О'Мэхони. Беспроводные устройства ближнего радиуса действия: нелицензируемый диапазон ниже 1ГГц, Беспроводные технологии, №1,2007.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами/Л.Е.Варакин.- М.: Радио и связь, 1985. Мазурков М.И. Системы широкополосной радиосвязи/М. И. Мазурков.- О.: Наука и техника, 2009,- 344с.
4. Максимов В.В., Чуприна Р.С. Обратные композитные коды Баркера, Наукові записки УНДІЗ, №1(21), 2012, с.71-76.