

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ УОЛША

Дворникова Т.Н., Мисулин Е.А., Снапко Р.Ю., Хомьук А.А.,
студенты гр. 941301

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Дворникова Т.Н. – магистр техн. наук

Аннотация. Предлагается способ кодирования информации при помощи ортогональных функций. По сравнению с импульсными способами кодирования он не требует наличия синхрогруппы в сигнале, что увеличивает объем передаваемой информации в кодовой посылке, ограниченной во времени. В качестве базисных ортогональных функций предлагается использовать функции Уолша, которые позволяют эффективнее обрабатывать принятый сигнал. В статье приведены результаты моделирования процесса передачи информации и структурные схемы устройств, позволяющих реализовать предложенный способ.

В условиях, когда информацию нужно передать в ограниченное время, необходимы специальные меры для увеличения пропускной способности канала связи. Известно, что информационная емкость канала оценивается выражением.

$$V_k = \tau_k \cdot \Delta f_k \cdot \ln \left(\frac{P_c}{P_{ш}} \right),$$

где τ_k – интервал времени, в течение которого принимается сигнал; Δf_k – полоса пропускания канала; P_c и $P_{ш}$ – мощность сигнала и шума в канале.

При заданном отношении сигнал/шум и малых фиксированных значениях τ_k и Δf_k резервом увеличения объема передаваемой информации является исключение синхронизации, т.е. использование той части сигнала, которая указывает начало кода для передачи информации. В работе предлагается для формирования информационного сигнала использовать ортогональные преобразования Уолша.

Функции Уолша находят применение в передаче и обработке информации. Функции Уолша являются кусочнопостоянными функциями с нормированными интервалами определения (0,1) или [-0.5 до 0.5] и интервалом изменения аргумента который зависит от порядка системы функции Уолша и равен $\frac{1}{2^n}$, где n равно 1,2. Известны определения функции Уолша через разностные уравнения, функции Радемахера, тригонометрической функции и в виде матриц.

Функции Уолша через функции Радемахера определяются следующим образом:

$$W(n, \theta) = R(n_{R-1}, \theta), R(n_{R-1}, \theta), \dots, R(n_0, \theta),$$

где $n = 2^{n_{r-1}} + 2^{n_{r-2}} + \dots + 2^{n_{r0}}$

Простота обработки – это основное достоинство преобразований в базисе Уолша, однако для формирования таких функций нужны специальные генераторы. В настоящее время существует достаточно большое количество схем генераторов функций Уолша. Один из возможных вариантов схемы генератора первых восьми функций представлен на рис.1.

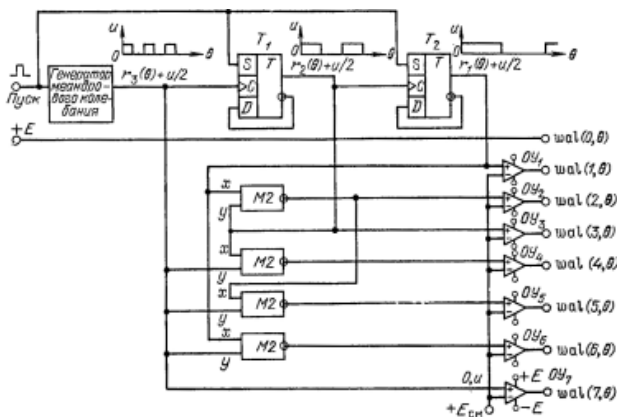


Рисунок 1. Генератор первых восьми функций Уолша

Алгоритм формирования функций Уолша в этом генераторе основан на перемножении функций Радемахера: $r_1(\theta)$, $r_2(\theta)$ и $r_3(\theta)$. Функция $r_3(\theta)$ типа меандр вырабатывается непосредственно задающим генератором и имеет максимальную частоту для используемого набора базисных функций. Функции $r_2(\theta)$ и $r_1(\theta)$ получаются при помощи триггеров со счетным входом путем деления частоты входного сигнала на 2. Для получения остальных функций Уолша в качестве умножителей используются сумматоры по модулю 2 с инверсными выходами. Следует отметить, что на выходе триггеров и схем сложения по модулю 2 напряжение имеет два уровня 0 и 1, в то время как функции Уолша по определению имеют уровни -1 и $+1$. Преобразование уровней осуществляют операционные усилители, которые сравнивают входной сигнал с напряжением смещения $E_{см} = \frac{1}{2}$.

С целью проверки возможности использования базиса Уолша для кодирования информации проведено математическое моделирование работы системы кодирования и декодирования информации.

На рис. 2.а приведен график функции Уолша, которая является пятой функцией в ортогональном базисе. На рис. 2.б показан результат преобразования в базисе Уолша такого сигнала. Как видно из рис. 2.б, только один (пятый) коэффициент разложения не равен нулю. На рис. 3 приведен график информационного сигнала Y , представляющего собой сумму девяти базисных функций.

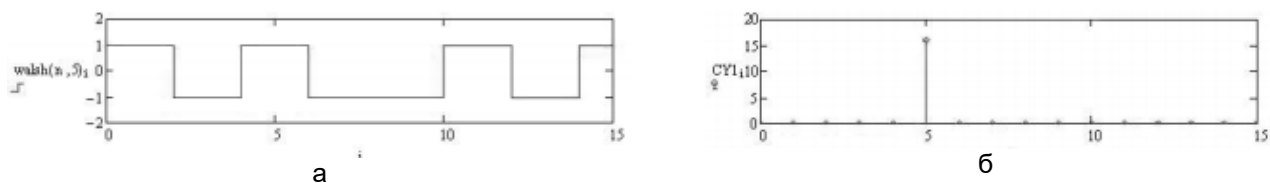


Рисунок 2.а – Пятая базисная функция Уолша, б – Результат преобразования функции $walsh(n, 5)$ в базисе Уолша

Слагаемыми являются функции с номерами 1, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 13. Если принять, что первая базисная функция соответствует самому старшему разряду кода, который формируется из 15 функций, тогда суммарный информационный сигнал содержит код $K_w := (1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0)$

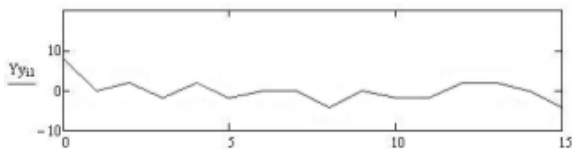


Рисунок 3. Информационный сигнал в результате сложения 8 функций Уолша

На рис. 4 показан результат ортогонального преобразования такого сигнала в базисе Уолша, где видно, что коэффициенты разложения, не равные нулю, соответствуют номерам слагаемых гармоник, а массив коэффициентов соответствует переданному коду. Проведенные расчеты показали, что массив коэффициентов разложения не зависит от временного сдвига функций. Это подтверждает вывод о том, что данный способ передачи информации не требует синхронизации во времени.

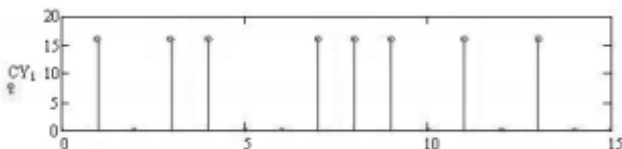


Рисунок 4. Восстановление переданного кода

Выполненный анализ обосновывает возможность использования ортогональных функций Уолша для кодирования информации. Такой способ кодирования позволяет увеличить объем передаваемой информации в условиях жесткого ограничения на время передачи.

Список использованных источников:

1. Радиотехнические цепи и сигналы / Гоноровский И.С. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.
2. Основы теории дискретных сигналов конечных интервалах / Трахтман А.М. – М.: Советское радио 1975. – 208 с.
3. Теория кодирования / Касами Т., перевод с японского Кузнецова А.В. – М.: Мир 2006. – 571 с.