

УДК 621.372

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ СИСТЕМ SDR В МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТАХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

С. В. Емельянов, к. т. н. Ю. С. Ямпольский

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

e247@mail.ru

Приведены решения по моделированию алгоритмов синтеза и демодуляции сигналов с частотной модуляцией для использования с SDR-устройством. Апробированы возможности математического пакета Scilab для решения задач цифровой обработки сигналов.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, синтез, демодуляция, фильтрация.

В настоящее время широкое развитие получили системы связи с использованием технологии Software Define Radio (SDR) [1]. Причиной их развития и перехода к массовому применению является возможность построения радиосистем с минимальной составляющей аналоговой аппаратной части, реализованной в основном по принципу переноса сигнала на нулевую частоту (Zero-IF). Достижения в области построения смесителей с широким динамическим диапазоном и стабильных по частоте гетеродинов позволяют обеспечить показатели аппаратуры, в первую очередь приемной, сопоставимые с показателями ранее разработанной аппаратуры и требованиями нормативов. Соответственно, следует ожидать массового перехода к выполнению новых разработок с использованием технологии SDR для профессиональных решений, а основным направлением работ является разработка и реализация алгоритмов обработки сигналов [2].

Несмотря на массовое распространение библиотек и программ цифровой обработки сигналов, можно говорить об отсутствии возможности гибкой реализации различных алгоритмических решений, а также возможности их отработки и изучения. Причина видится в том, что большинство библиотек подпрограмм ориентированы на реализацию законченного и оптимизированного решения. Характерным примером здесь может быть пакет Matlab или оптимизированные библиотеки алгоритмов (например, GNURadio), где стремление разработчиков к массовому применению объектно-ориентированной парадигмы приводит к сокрытию фактической структуры вычислений как алгоритма обработки потоков данных, что не позволяет выполнять непосредственный перенос полученных решений в вычислительные подсистемы SDR. Одновременно также затрудняется изучение методов цифровой обработки сигналов в учебном процессе из-за невозможности наглядно продемонстрировать порядок вычислений и отобразить при необходимости промежуточные результаты. Поэтому ориентация на математические пакеты общего назначения является одним из возможных путей изучения базовых алгоритмов для SDR и возможностью гибкой оценки их реализации, максимально приближенной к конечному решению. При ориентации на свободные решения также сокращаются затраты на начальном этапе выполнения разработки SDR-устройства. Из недостатков можно отметить возможную неполноту представленных наборов функций и их реализацию неоптимальными алгоритмами [3]. Целью данной работы является разработка алгоритмов синтеза и демодуляции сигналов с использованием пакета Scilab, и отработка решений с использованием аппаратной части SDR.

Пакет Scilab (версия 5.4.0) содержит в своем составе следующие функции обработки сигналов: синтез фильтров, фильтрация и выполнение преобразования Фурье. На основе имеющихся функций в ходе выполнения работ была создана библиотека функций, преобразования спектра, модуляции и демодуляции частотно-модулированных (ЧМ) сигналов, также обработки файлов данных систем SDR. Учитывалось, что большинство SDR-устройств ориентировано на обработку сигналов в форме квадратурных составляющих. В качестве тестовой задачи имитировался узел базовой станции как элемент транковой системы индивидуальной радиосвязи полупрофессионального назначения [4].

Из выборок речевых сообщений синтезировался сигнал, состоящий из восьми поднесущих, содержащих ЧМ сигнал (рис. 1).

Параметры и формат полученного сигнала, сохраненного в файл, соответствовал требованиям устройства USRP1 (фирмы Ettus): частота дискретизации 640 кГц и использование целочисленного формата представления данных. Выполнялась тестовая передача сигнала в эфир с контролем качества с помощью отдельного приемника.

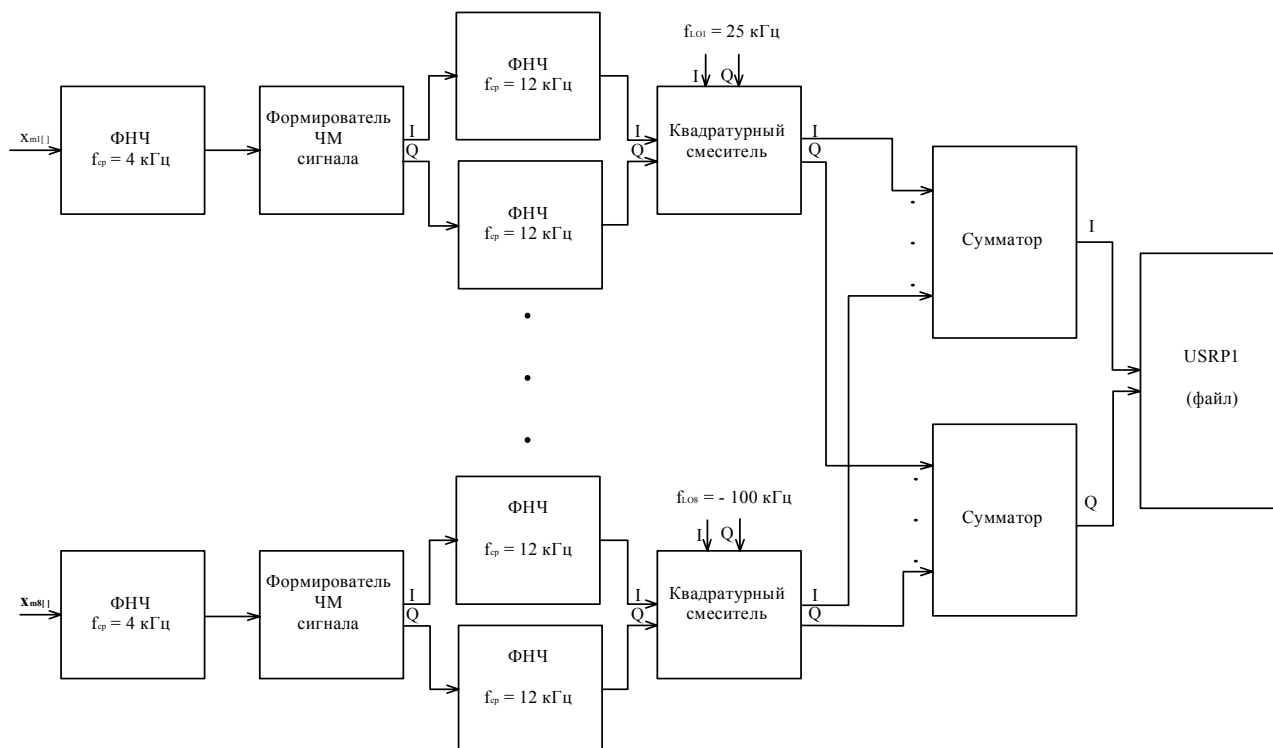


Рис. 1. Структура алгоритма формирования многоканального сигнала

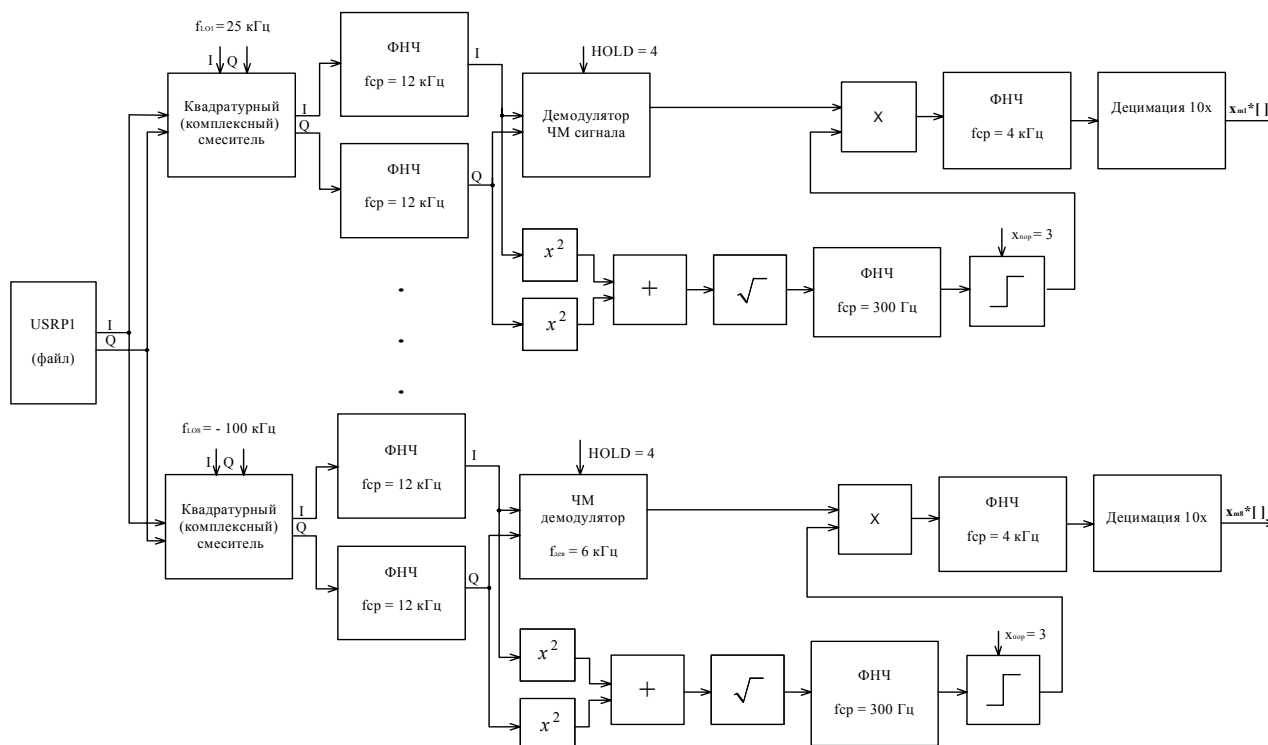


Рис. 2 Структура алгоритма демодуляции многоканального сигнала

Алгоритм обработки принятых с помощью USRP1 или синтезированных сигналов (рис. 2) выполняет одновременную демодуляцию до девяти расположенных последовательно с шагом 25 кГц ЧМ-сигналов. В алгоритме реализована проверка наличия необходимого для демодуляции, уровня поднесущей, как принято в большинстве подобных систем. Результат демодуляции прослушивался с помощью звуковой карты. Было установлено, что эффективная демодуляция сигналов возможна при уровнях сигнала менее двух уровней квантования АЦП в SDR-устройстве.

Разработанные программы и функции содержат все необходимые алгоритмы, которые обычно присутствуют в подобных системах [5]. Разработанная библиотека программ ориентирована на обработку конечного массива входных данных, что отвечает функциональному назначению пакета Scilab и упрощает процесс программирования.

В ходе выполнения работ по разработке алгоритмов были установлены следующие особенности пакета Scilab, которые необходимо учитывать как при создании алгоритмов, так и на их применение в учебной и профессиональной практике:

— объем памяти, используемой пакетом, ограничивается только свободной областью ОЗУ, поэтому оптимальным является проведение работ в системе Linux, где по сравнению с Windows есть возможность выделить на 30% больше памяти;

— функции синтеза параметров фильтра содержат параметры, которые в настоящее не применяются при описании процедур синтеза фильтров;

— АЧХ синтезированных фильтров не всегда соответствуют заданным, кроме этого, было установлено, что синтезировать фильтр с величиной подавления в полосе задерживания более чем на 70—80 дБ невозможно;

— подсистема синтеза фильтров в виде биквадратных звеньев формирует фильтры с АЧХ, отличными от АЧХ фильтров высокого порядка с теми же исходными данными;

— отсутствует функция фильтрации по данным массива коэффициентов биквадратных фильтров;

— алгоритмы фильтрации выполняются дольше, чем в аналогичных пакетах или специализированных библиотеках, примерно в семь раз;

— в функции увеличения частоты дискретизации используется рекурсивный фильтр;

— при использовании циклов с элементами массива увеличение времени вычислений составляет не менее чем три порядка и существенно больше, чем наблюдалось ранее в пакете Matlab 5.3, поэтому ряд алгоритмов были изменены так, чтобы использовались только матричные вычисления.

Реализованные в пакете Scilab алгоритмы позволили выполнить синтез сигналов и их демодуляцию в объеме достаточном для оценки требуемых параметров алгоритмов обработки данных. В ходе учебного процесса была выполнена наглядная демонстрация возможностей SDR-устройства и методов демодуляции сигналов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Eugene Grayver. Implementing Software Defined Radio.— Springer Science+Business Media New York 2013.

2. C. Richard Johnson, Jr., William A. Sethares, Andrew G. Klein. Software Receiver Design – Springer, New York, 2011.

3. Алексеев Е. Р. и др. Scilab: Решение инженерных и математических задач.— Москва: ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

4 Stephen L. Campbell, Jean-Philippe Chancelier and Ramine Nikoukhah. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4 — Springer, New York, 2010.

5. Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи.— Новосибирск, 2006.

S. V. Yemelyanov, Yu. S. Yampolskiy

Creation of algorithms for signal processing of SDR systems in general-purpose mathematics packages.

Decisions on simulation of synthesis and demodulation algorithms for frequency-shift signals for the use with the SDR device are provided. Possibilities of the Scilab mathematical packet for the solution of digital signal processing tasks are tested.

Keywords: *digital signal processing, synthesis, demodulation, filtering.*