УДК 621.396

ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЕ РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО

SOFTWARE-DEFINED RADIO RECEIVER

И.А. Никашов – студент, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, кафедра ВТ и СУ, E-mail: nikashovi4@list.ru

А.С. Меркутов – научный руководитель, к.т.н., Институт информационных технологий радиоэлектроники, кафедра ВТ и СУ, E-mail: merkutov2013@yandex.ru

I.A. Nikashov – student, Institute of information technologies and Radioelectronics, Department of WT and SU, E-mail: nikashovi4@list.ru

A.S. Merkutov – scientific adviser, candidate of technical Sciences., Institute of information technology and Radioelectronics, Department of WT and SU, E-mail: merkutov2013@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается практическая реализация программно-конфигурируемого устройства для приема и обработки радиосигналов с различными типами цифровой модуляции. Данное устройство обеспечивает прием радиосигналов в широком диапазоне рабочих частот (от 400 МГц до 6 ГГц), с возможностью программной настройки полосы пропускания канала фильтра (от 5 до 20 МГц), скорости цифрового потока и выбора алгоритма демодуляции.

Abstracts: The article discusses the practical implementation of a software-configurable device for receiving and processing radio signals with various types of digital modulation. This device provides the reception of radio signals in a wide band of operating frequencies (from 400 MHz to 6 GHz), with the possibility of software tuning the channel filter band (from 5 to 20 MHz), the

speed of the digital stream and the choice of demodulation algorithm.

Ключевые слова: программно-конфигурируемое устройство, обработка сигналов, цифровые сигналы, передача и прием данных, фильтры.

Keywords: software-configurable device, signal processing, digital signals, data transmission and reception, filters.

Повышение скорости передачи цифровых данных по беспроводным каналам связи с использованием различных видов цифровой модуляции радиосигналов, обеспечение ее адаптивной перестройки в зависимости от помеховой обстановки, обеспечение возможности функционирования в различных поддиапазонах радиочастот являются актуальными требованиями, предъявляемыми к современным техническим средствам беспроводной связи, например, поколений 4G и 5G. Целью работы являлось исследование возможностей создания устройства приема радиосигналов в широкой полосе радиочастот (до 4 ГГц) на основе принципов программно-определяемого радио (SDR – software design radio), обеспечивающего прием цифровых сигналов с возможностью перестройки базовой полосы в пределах от единиц до нескольких десятков МГц. В основе построения устройства лежит использование высокоинтегрированного приемопередатчика фирмы Analog Devices – микросхемы AD9361 [1]. Приемная часть устройства реализует схему с нулевой промежуточной частотой, приведенную на рисунке 1, где: КД – квадратурный демодулятор; ФНЧ – фильтр низких частот; УНЧ – усилитель низких частот; АРУ – автоматическая регулировка усиления; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МШУ – малошумящий усилитель.

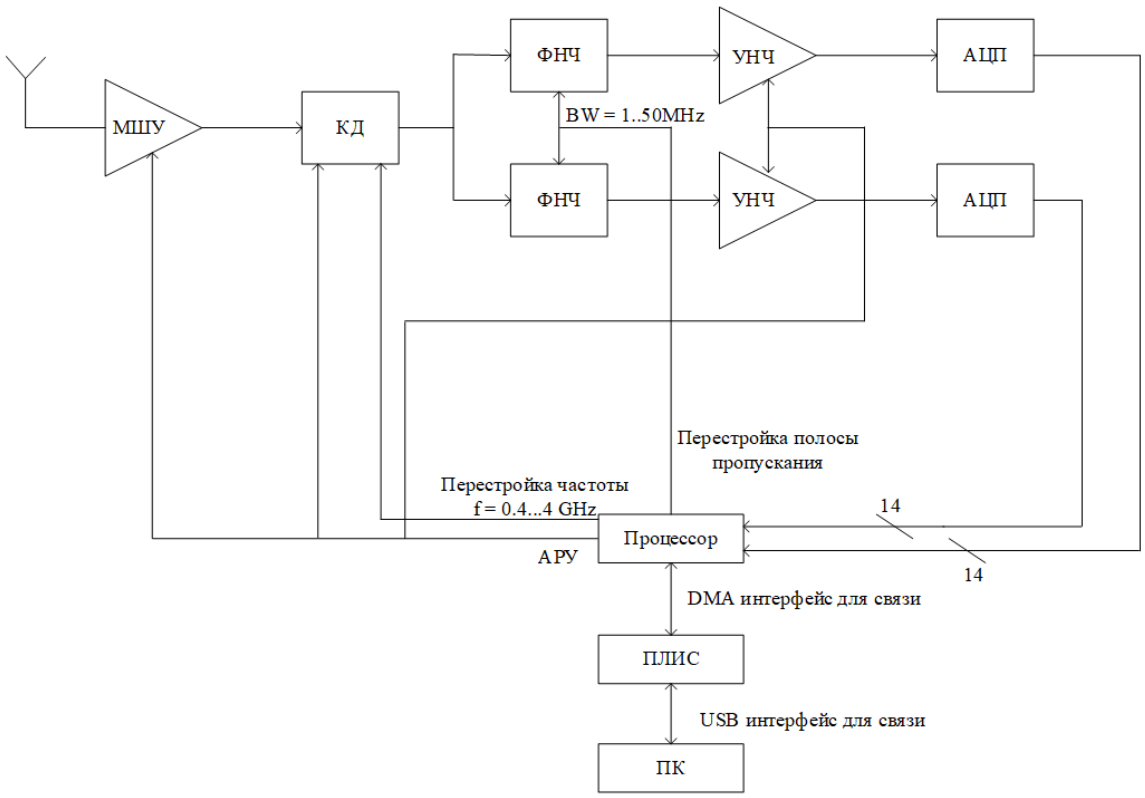

Рисунок 1 – Функциональная схема приемной части микросхемы.

Ключевым элементом приемника является широкополосный квадратурный демодулятор с встроенным гетеродином, осуществляющий перенос спектра высокочастотного модулированного сигнала непосредственно на нулевую частоту в диапазон базовой полосы (baseband) принимаемого сигнала [2].

Максимальная полоса пропускания канала приема составляет примерно 56 МГц и может изменяться путем программной перестройки частоты среза активных фильтров нижней частоты в диапазоне с 5 МГц до 20 МГц с шагом 5 МГц, что позволяет эффективно обрабатывать сигналы с различной полосой модуляции и менять скорость передаваемых данных в зависимости от помеховой обстановки в радиоканале.

Программно-конфигурируемые фильтры нижних частот на выходе квадратурного демодулятора аппаратно совмещены с усилителями

baseband - сигнала и выполняют функцию сглаживающего фильтра и селекции—рабочего канала приема, осуществляя основное подавление сигналов на частотах соседних каналов приема. Это позволяет значительно снизить требования к линейности усилителей и динамическому диапазону АЦП [2].

Для управления приемником было разработано специальное программное обеспечение на языке С, реализующее следующие основные функции: инициализация режима приема (режим Rx), установка рабочей частоты приема, установка полосы пропускания активных фильтров низких частот, установка коэффициентов усиления функциональных блоков канала приема или режима АРУ и т.д. Указанные функции реализуются путем конфигурирования регистрового пространства микросхемы приемника. Процесс конфигурирования существенно облегчается благодаря освоению и использованию специально разработанной фирмой Analog Devices библиотеки «ad9361», реализованной в виде набора программных модулей на языке С.

В микросхеме AD9361 имеется возможность взаимодействия с внутренним процессором по SPI-интерфейсу, с помощью которого и выполняется ее конфигурирование. Кроме того, для реализации взаимодействия между системой сброса и устройством приема используются сигналы внешних портов ввода/вывода процессора - GPIO. Для передачи данных в текущей версии приемника используется DMA контроллер, позволяющий снизить нагрузку на процессор, тем самым способствуя увеличению производительности обработки данных с выходов АЦП приёмника.

Перестройка полосы пропускания канального фильтра производится по команде, которая по определенному формату после предварительной

обработки передается в программу управления, в которой с помощью использования обработчика прерываний осуществляется вызов функции для изменения полосы пропускания ФНЧ.

Таким образом, встроенный в микросхему AD9361 процессор обеспечивает конфигурирование микросхемы и прием 14-разрядных квадратурных сигналов с выходов АЦП. Последующие «преобразования сигналов (демодуляция сигналов (типы модуляции FSK, GMSK, BPSK, QPSK, OFDM и др.)» [3] осуществляются в системе на кристалле Zynq-7000.

С помощью предложенного приемного устройства можно в реальных условиях сложной помеховой обстановки проводить исследования новых алгоритмов формирования, приема и обработки цифровых сигналов в полосе до 50 МГц для существующих и перспективных систем беспроводной связи. Макет был успешно использован при выполнении НИОКР на кафедре ВТ и СУ ВлГУ.

Библиографический список

1. AD9361 Reference Manual UG570 - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.farnell.com/datasheets/2007082.pdf. – (дата обращения: 27.12.2019).

2. Галкин В. А. Основы программно-конфигурируемого радио. - М.: Горячая линия — Телеком. - 2013. - 372 с.

3. Стрельцов Н. А. SDR-трансиверы и их применение / Н. А. Стрельцов, Н. В. Горячев, В. А. Трусов // Труды международного симпозиума «Надежность и Качество». - 2014. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sdr-transivery-i-ih-primenenie. – (дата обращения: 15.01.2020).