

Статья подготовлена благодаря заданию Минобрнауки
№ 8.1729.2017/ПЧ.

Список литературы

1. *ГОСТ 24461-80*. Приборы полупроводниковые силовые. Методы измерений и испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 64 с.
2. *ГОСТ 27264-87*. Транзисторы силовые биполярные. Методы измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 18 с.
3. *JESD51*, Methodology for the Thermal Measurement of Component Packages (Single Semiconductor Device). <https://www.jedec.org/standards-documents/docs/jesd-51>.
4. *Mil Std 883C Method 1012.1* Thermal Characteristics of Microelectronic Devices. – 1980. – p.13.
5. IC Thermal Measurement Method – Electrical Test Method (Single Semiconductor Device) EIA/JEDEC JESD51-1 standard. – URL: <http://www.jedec.org/download/search/jesd51-1.pdf>.
6. *JEDEC JESD51-14 standard*. Transient Dual Interface Test Method for the Measurement of the Thermal Resistance Junction to Case of Semiconductor Devices with Heat Flow through a Single Path. https://www.jedec.org/document_search?search_api_views_fulltext=JESD51-14.
7. *JESD51-2A*, Integrated Circuits Thermal Test Method Environmental Conditions – Natural Convection (Still Air). <https://www.jedec.org/standards-documents/docs/jesd-51-2A>.

Материал поступил в редколлегию 01.10.19.

DOI: 10.30987/conferencearticle_5e028210cf34d5.83756458
УДК 654.16

Д.Е. Тихонов, Л.Г. Стаценко

(г. Владивосток, Дальневосточный федеральный университет)

D.E. Tikhonov, L.G. Statsenko (Vladivostok, Far Eastern Federal University)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SDRSHARP

RADIO FREQUENCY SPECTRUM EXPLORATION USING THE SOFTWARE PACKAGE SDRSHARP

В работе представлено исследование основных частотных диапазонов, которые способен принимать и воспроизводить SDR приёмник. Качество освоения всего радиочастотного диапазона зависит от антенны, непосредственно подключаемой к RTL-SDR. Работа иллюстрирована изображениями сигналов в программе SDRSharp, в презентации представлены записи различных радиостанций FM-диапазона, любительских радиостанций и запись сигнала со спутника NOAA.

The article presents a research of the main frequency bands that can receive and reproduce the SDR receiver. The quality of the entire radio frequency range exploration depends on the antenna directly connected to the RTL-SDR. The article

illustrates the signal's images in the SDRSharp program; presentation shows recordings of various FM radio stations, amateur radio stations and recording of the signal from the NOAA satellite.

Ключевые слова: радиочастотный диапазон, RTL-SDR, SDRSharp, антенна, любительская радиосвязь, радиостанция, спутниковая радиосвязь.

Keywords: radio frequency band, RTL-SDR, SDRSharp, antenna, amateur radio, radio station, satellite radio.

Программно-определяемая радиосистема (Software-defined radio, SDR) — радиопередатчик и/или радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность, за исключением изменения рабочих параметров, используемых в ходе обычной предварительно определённой работы с предварительными установками радиоустройства, согласно той или иной спецификации или системы. Сигнал на наиболее ранних стадиях приемника преобразуется в цифровой вид и в дальнейшем обрабатывается процессором. Это позволяет избавиться от массы аналоговых элементов схемы, часто дорогих или требующих тонкой настройки.

Первые SDR-приемники появились в 2010 году и изначально не пользовались популярностью. Однако с 2012 года RTL-SDR начал использоваться для приема аналогового и цифрового радио в УКВ диапазоне. В его основе лежит принцип программного декодирования предварительно оцифрованной полосы частот из эфира. Микросхема оцифровывает высокочастотный сигнал из антенного входа, а фильтрация и детектирование конкретной несущей из полученного цифрового потока поручается центральному процессору персонального компьютера, которые в то время уже выполняли огромное количество операций за малый период времени.

Придание огласки информации о возможностях тюнеров, собранных на основе RTL2832U, произвела большой эффект для радиолюбителей всего мира, ведь с тех пор в их руках появилось мощнейшее средство радиомониторинга. Приемник покрывал диапазон от низкочастотного до ультракоротковолнового (УКВ) и не был ограничен ни типом модуляции, ни остротой настройки, обладал возможностью панорамного просмотра полосы более 3 МГц, а его стоимость не превышала 10 долларов США.

SDR-приемник и программа SDRSharp использовалась в рамках выполнения проекта, посвященному разработке наземной станции УКВ-диапазона для управления микроспутниками на низкоорбитальной околоземной орбите, который проводится в ДВФУ. Данный проект является уникальным и первым в своем роде, а конечной его целью является создание и функционирование станции для обмена данными со спутником, который будет запущен на орбиту уже в начале следующего года.

Интерфейс программы выглядит следующим образом. В левой части выбирается вид модуляции, устанавливается ширина полосы, способ фильтрации и ряд других важных параметров. Здесь же в столбик указаны все установленные плагины, которые указаны в раскрывающемся меню. В правой части программы можно регулировать величину панорамного просмотра частоты, что позволяет отобразить наиболее удобную картину сигнала для восприятия и наблюдения, а также задавать нижний предел видимого сигнала (от -120 до -30 дБ).

Основное окно программы содержит верхнюю и нижнюю область. В верхней будет непосредственно отображаться сигнал в выбранном частотном диапазоне, устанавливаемым сверху, а в нижней области находится «водопад», который показывает уровень принимаемого сигнала цветом, где красный и фиолетовый – наиболее и наименее интенсивный уровень соответственно.

После изучения интерфейса программы и установки некоторых плагинов для лучшей работы приемника, переходим к прослушиванию радиоэфира.

В процессе работы удалось зафиксировать несколько радиостанций FM-диапазона, уровень сигнала был достаточно высок, отношение сигнал-шум доходило до 20 дБ, что обеспечивало качественный прием без помех. На рис. 1 отображены сигналы радиостанций.

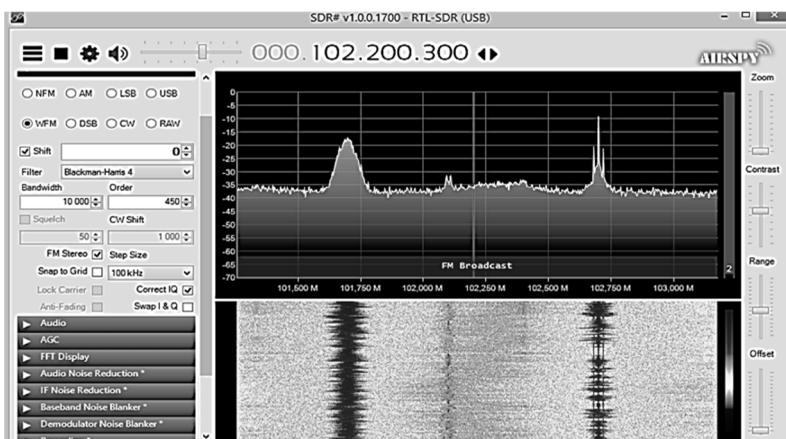


Рис. 1. Прием радиостанций FM-диапазона с помощью RTL – SDR

Однако антенна, идущая в комплекте с приемником, не позволяла прослушивать остальную часть эфира длительное время с приемлемым качеством. Даже прослушивать любительские радиостанции на 145 и 435 МГц, переговоры легчиков на 117-130 МГц и железнодорожников на 150-160 МГц оказалось трудной задачей. На рисунке 2 представлен спектр сигнала КВ диапазон (28 МГц), на котором сигнал виден, однако его четкий прием едва ли возможен. Данная проблема решается применением дипольных, квадрифилярных и других антенн, а также применением конверторов и усилителей.

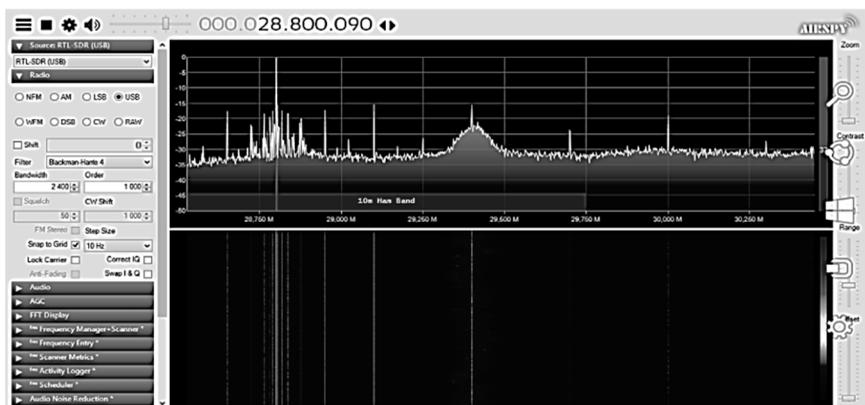


Рис. 2. Прием сигнала КВ-диапазона частотой 28 МГц

В рамках проекта были сконструированы 2 директорные антенны на 145 и 435 МГц, на которые предстояло принять сигнал со спутников NOAA, а также записать его. Данные спутники метеорологические, их основная задача – изучение мирового океана и атмосферы с целью предупреждения населения о возможных природных катастрофах. На рис. 3 представлен данный сигнал, над качеством приема которого еще предстоит поработать. Добавление в развернутую станцию усилителей и более удобное расположение относительно зданий должно решить проблему и получить высококачественный сигнал.

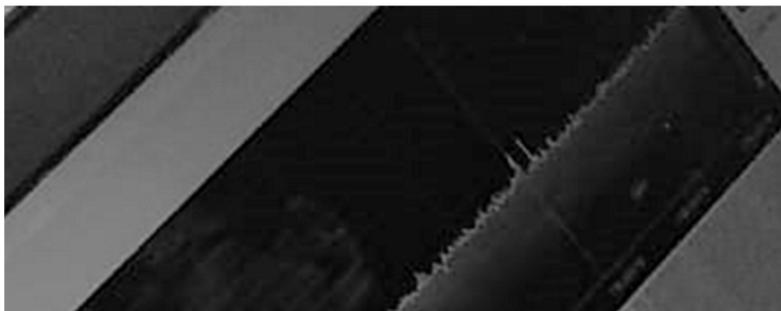


Рис. 3. Прием сигнала со спутника NOAA 18

Таким образом, в работе представлено исследование основных частотных диапазонов, принимаемых приемником RTL-SDR, показаны принятые сигналы в некоторых диапазонах, получена запись погодного спутника NOAA. Результаты работы могут быть использованы для продолжения подготовки станции УКВ диапазона к эксплуатации, в моей профессиональной области, а также, в учебных и образовательных целях.

Список литературы

1. Описание элементов управления и настроек SDRSharp. – URL: <http://rtl-sdr.ru/page/opisanie-elementov-upravlenija-i-nastroeek-sdrsharp>.
2. Еще раз о приеме КВ на RTL-SDR. – URL: <https://habr.com/ru/post/373465/>.

Материал поступил в редколлегию 10.10.19.