

*Гулина Ю.С.,
Студент магистратуры, кафедры информатика и
вычислительная техника
Сибирский государственный институт науки и технологий
Россия, г. Красноярск*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГНСС ПРИЁМНИКОВ

***Аннотация:** В статье представлен обзор современных ГНСС приёмников. Рассмотрены технические характеристики приёмников, выполнен сравнительный анализ, а также выполнен вывод.*

***Ключевые слова:** ГНСС приёмник, SDR, RTL-SDR BlogV3, SDRPlay, Airspy HF, KiwiSDR.*

***Annotation:** The article presents an overview of modern GNSS receivers. The technical characteristics of the receivers are considered, a comparative analysis is performed, and a conclusion is made.*

***Key words:** GNSS receiver, SDR, RTL-SDR BlogV3, SDRPlay, Airspy HF, KiwiSDR.*

В мире существует немалое количество программных приёмников сигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Диапазон таких приемников варьируется от любительских до профессиональных.

Главным направлением в развитии навигационных приемников, является усовершенствование алгоритма обработки сигналов. Для этого используют технологию под названием Software-defined radio (SDR) «Программно определяемая радиосистема»[1].

SDR – это радио-телекоммуникационная система, которая может быть настроена на произвольную полосу частот и принимать различные виды модулированного сигнала, состоящая из программируемого оборудования с

программным управлением[2]. Основная идея данной технологии состоит в замене аппаратных устройств радиоприемника или радиопередатчика на их программные аналоги, то есть произвести переход от устройств, таких как: фильтры, смесители, модуляторы, демодуляторы, детекторы, к программным реализациям на обычных персональных компьютерах.

В самом простом варианте структурная схема приемника SDR содержит пять основных блоков:

- приемная антенна;
- блок предварительной обработки данных и АЦП (аналого-цифровой преобразователь, FE — front end);
- цифровой блок, программируемый пользователем (FPGA field programmable gate array);
- процессорный блок DSP;
- блок ПК.

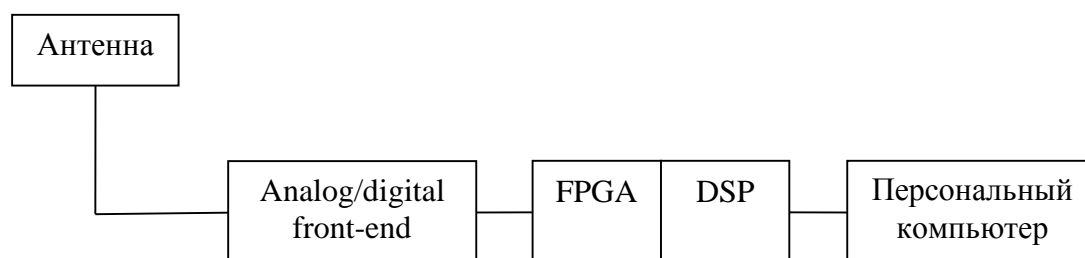


Рисунок 1. Структурная схема GNSS с цифровой обработкой сигнала.

Рассмотрим несколько существующих программных приёмников на данный момент.

1 RTL-SDR BlogV3

Программный приёмник ГНСС имеет следующие преимущества:

- возможность переноса программного обеспечения (ПО) обработки сигналов на различные аппаратно-программные средства, не требующая существенной доработки ПО;

— возможность использования различных устройств, реализующих АЦП сигналов и имеющих интерфейс с электронно-вычислительной машины (ЭВМ);

— возможность гибкой модернизации программного приёмника и обеспечения приёма новых навигационных сигналов.

Устройство RTL-SDR Blog V3 обеспечивает формирование оцифрованных выборок навигационных сигналов и передачу их в ЭВМ через USB порт для дальнейшей обработки. Основные характеристики RTL-SDR Blog V3 [8]:

— АЦП: RTL2832U, 8 бит (I- и Q- выборки);

— диапазон частот: 500 кГц – 1766 МГц;

— полоса пропускания: до 2,4 МГц.

— В составе программного приёмника использовалось следующее свободно распространяемым программным обеспечением с открытым кодом:

— программа rtl-sdr [9];

— программный комплекс GNSS-SDR [10];

— программный комплекс RTK-LIB [11].

Цена: US \$21.00 (1441,21 рублей).

2 SDRPlay

SDRplay— это широкополосный полнофункциональный 14-битный SDR, который охватывает весь спектр высокой частоты (ВЧ) от 1 кГц до 2 ГГц. Совмещение с мощным легко доступным программным обеспечением приёмника SDR позволяет контролировать спектр до 10 MHz одновременно без конвертера.

Все, что ему нужно, это компьютер и антенна, чтобы обеспечить отличную функциональность приёмника связи.

Программный приёмник ГНСС имеет следующие преимущества:

— три антенных входа, в том числе высокоомный, который действительно работает, есть возможность запитать внешний усилитель.

— вес всего около 100 грамм;

— потребляемый ток: 170 мА.

Программный приёмник ГНСС имеет следующие недостатки:

— недостаточно софта под Linux;

— зеркальные каналы приема.

SDRPlay, это, наверное, самый бюджетный из качественных вариантов SDR, имеющих на борту сразу и ультракороткие волны (УКВ), и КВ (диапазон 10 кгц-2 ГГц), и для начинающего подходит идеально.

Цена: US \$119.00 (8150 рублей).

3 Airspy HF

Эта весьма любопытная модель очень маленького SDR приемника появилась на радиолюбительском рынке осенью 2017 года. Как архитектура, так и уровень интеграции, достигнутый в этой конструкции, позволяют нам обеспечить максимальную производительность приема по очень доступной цене. Все основные SDR программное обеспечение поддерживается.

Радиоприемник Airspy HF+ толщиной около 1 см и для этих размеров необычайно тяжел, поскольку изготовлен из литого алюминия и следует отметить, что качество внешней и внутренней обработки отличное. В комплекте идет также USB-кабель.

Основные характеристики Airspy HF+:

— рабочий диапазон КВ: 0.5 кГц - 31 МГц;

— рабочий диапазон УКВ: 60 - 260 МГц;

— чувствительность: -140.0 дБм (0.02 мкВ / 50 Ом на 15МГц);

— линейность: +15 дБм ПРЗ на КВ при максимальном усилении;

— линейность: +13 дБм ПРЗ на УКВ при максимальном усилении;

— динамический диапазон: 110 дБ (BDR) на КВ;

— динамический диапазон: 95 дБ (BDR) на УКВ;

— избирательность: 150+ дБ комбинированная (аппаратная + программная);

— зеркальный канал: 120 дБ (ПО);

- выход до 660 кГц 768 ksps IQ;
- 18 бит встроенный Digital Down Converter (DDC);
- 22 бит разрешение в полосе 3 кГц используя State of the Art DDC (SDR and SDR-Console);
- +10 дБм максимальный входной ВЧ сигнал;
- 0.5 ppm высокая точность;
- 1 PPB точность подстройки частоты;
- отличное подавление шумов;
- весь рабочий диапазон перекрывается одним ВЧ входом с высоколинейным переключателем;
- улучшено входное согласование;
- не требует установки драйверов: Plug-and-play в Windows Vista, Seven, 8, 8.1 и 10;
- рабочие температуры: -45°C до 85°C;
- параметры: 45 x 60 x 10 мм.

4 KiwiSDR

KiwiSDR– это современный SDR-приемник для диапазона КВ от 10кГц до 30 МГц, 14-битный мультисканальный DDC SDR приемник на базе Xilinx Artix-7 A35 FPGA. Особенностью, которая отличает его от других SDR-приемников, является возможность работать без подключения к компьютеру. Просто подключите устройство с помощью сетевого кабеля и маршрутизатора. KiwiSDR-это настраиваемая печатная плата, которую нужно подключить к компьютеру добавив антенну, источник питания и сетевое соединение.

Это чрезвычайно интересное устройство, потому что пользователю не нужно устанавливать драйверы на ПК, и пользователь может легко получить доступ даже с устройства Apple (Macbook / iMac / iPad).

KiwiSDR– это золотая середина между простейшими приемниками RTL-SDR и дорогими 16-разрядными приемниками за несколько тысяч.

Программный приёмник ГНСС имеет следующие достоинства:

- 100% открытый источник/открытая фурнитура;.
- интерфейс на основе браузера позволяет одновременно подключать четыре пользователя;
- каждое подключение настраивает независимый канал приемника по всему спектру;
- многоканальная, параллельная конструкция DDC с использованием оптимизированных CIC фильтров по ширине;
- хорошая производительность при VLF/LF;
- автоматическая калибровка частоты с помощью полученного GPS времени;
- простая установка оборудования и программного обеспечения.

Интерфейс конфигурации на основе браузера;

- расширительный интерфейс для добавления декодеров и утилит.

Программный приёмник ГНСС имеет следующие характеристики:

- рабочий диапазон 10 кГц - 30 МГц (VLF / HF);
- удаленное управление через веб-браузер (Firefox, Chrome и т. д.) - без установки драйверов;
- опция декодирования телеграфа;
- режимы модуляции AM / AMN / LSB / USB / CW / CWN / NBFM;
- поддержка до 4 пользователей одновременно (4 независимых получателя);
- автоматическая калибровка частоты с использованием GPS;
- два SMA-M антенных разъема;
- разъем РЧ антенны: SMA и клеммный блок;
- встроенный программно-определяемый GPS-приемник;
- GPS получает систему Navstar на частоте L1 1575,42 МГц;
- напряжение: + 5 В постоянного тока, 2,1 мм разъем, центральный контакт положительный;

— ток: 1.5А включая Beagle, KiwiSDR powers Beagle через разъемы заголовка;

— параметры: печатная плата KiwiSDR 117 мм * 55 мм.

Цена: US \$423.19 (28984,28 рублей)

Таблица 1

Сравнение программных приёмников

	RTL-SDR BlogV3	SDRplay	Airspy HF+:	KiwiSDR
Соотношение цена/качество	5	4	4	3
Качество приема, чувствительность, селективность	5	4	4	5
Устойчивость к интермодуляции и перегрузкам	4	4	3	4
Дизайн конструкция качество сборки	5	3	3	3
Удобство использования и управления	4	3	3	4
Общая оценка	23	18	16	19

Исходя из таблицы, можно сделать вывод, что RTL-SDR BlogV3 является наилучшим вариантом исходя из таких критериев как: соотношение цены и качества, а также по техническим характеристикам.

Использованные источники:

1. Журнал Беспроводные технологии [Электронный ресурс]. URL: <https://wireless-e.ru/gps/priemniki-gnss/> (дата обращения: 07.06.2020).
2. Программно определяемая радиосистема [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 06.06.2020).