

PRINCIPLES OF SOFTWARE-DEFINED RADIO
Unuchkov V.E.¹, Kirsanova E.A.² (Russian Federation)
Email: Unuchkov334@scientifictext.ru

¹Unuchkov Vladimir Evgenievich - Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor,
DEPARTMENT AUTOMATICS, TELEMCHANICS AND COMMUNICATION;

²Kirsanova Elena Alekseevna – Student,
FACULTY SYSTEM OF TRAINS,
IRKUTSK STATE UNIVERSITY OF RAILWAY ENGINEERING,
IRKUTSK

Abstract: this article discusses the basic principles of software-defined transmitting and receiving radio systems. Given the structural scheme of such devices and discusses the advantages and disadvantages of their use in communication systems and data transmission. Described examples of implementation of a software-defined transceiver and a receiver. Shows the advantages of this new technology the signal processing in the future. Also examples of the use of software-defined transmitting and receiving radio systems at the present time.

Keywords: digital signal processing, radio receiving and transmitting devices, software defined radio, Software-Defined radio.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОГО РАДИО
Унучков В.Е.¹, Кирсанова Е.А.² (Российская Федерация)

¹Унучков Владимир Евгеньевич - кандидат физико-математических наук, доцент,
кафедра автоматизации, телемеханики и связи;

²Кирсанова Елена Алексеевна – студент,
факультет систем обеспечения транспорта,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск

Аннотация: в данной статье рассматриваются основные принципы построения программно-определяемых приемно-передающих радиосистем. Приведены структурные схемы таких устройств и обсуждаются достоинства и недостатки их использования в системах связи и передачи данных. Описаны примеры реализации программно-определяемых приемопередатчика и приемника. Показаны преимущества этой новой технологии обработки сигналов в будущем. Также приведены примеры использования программно-определяемых приемно-передающих радиосистем в настоящее время.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, радиоприемные и радиопередающие устройства, программно-определяемая радиосистема, Software-Defined radio.

В современном мире мобильные устройства связи и передачи информации получили широкое применение во многих сферах деятельности людей. С развитием телекоммуникаций увеличивается число устройств, с помощью которых осуществляется сотовая связь, передача видео и аудиоданных, обеспечивается навигация подвижных объектов и связь в чрезвычайных ситуациях. В этих устройствах используются различные стандарты и методы обработки сигналов, что приводит к большим затратам при производстве и эксплуатации телекоммуникационных систем. Поэтому, благодаря развитию цифровых методов обработки информации, возникает новый класс приемно-передающих устройств с архитектурой ПОР – программно-определяемая радиосистема или SDR – *Software Defined Radio*. ПОР – это радиопередатчик или радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программных средств не только выполнять основную обработку сигналов, но и оперативно изменять радиочастотные параметры, включая диапазон рабочих частот, тип модуляции, чувствительность приемника, выходную мощность передатчика и т.д. [1]. Архитектура SDR ориентированна на создание современного телекоммуникационного оборудования, эффективное по цене и с уникальными возможностями конфигурирования [2].

Архитектура SDR объединяет аппаратные и программные методы преобразования сигналов, где основные функции обработки настраиваются и выполняются посредством программного обеспечения. Такие устройства могут содержать программируемые логические интегральные схемы, цифровые сигнальные процессоры, микроконтроллеры для управления и другие устройства цифровой обработки сигналов. Использование этих методов позволяет изменять и расширять функциональные возможности радиосистем без аппаратного вмешательства в схему [2].

В простейшем случае SDR строится по принципу прямого преобразования и содержит последовательно соединенные антенну, аналого-цифровой/цифро-аналоговый преобразователи

(АЦП/ЦАП), цифровой сигнальный процессор (ЦСП). В этом случае главным ограничивающим фактором являются параметры АЦП/ЦАП – частота преобразования или скорость выборок, а также разрешающая способность, определяемая числом разрядов. Другой важный компонент архитектуры SDR это ЦСП. Именно он обеспечивает гибкость системы, используется для модуляции, детектирования, синтеза частот, фильтрации каналов и устранения помех с применением методов спектрального анализа [3].

Современная технологическая база не позволяет реализовать идею прямого преобразования в широком диапазоне частот. Существующие АЦП пока работают на частотах не выше единиц ГГц или имеют недостаточный динамический диапазон, чтобы оперировать сигналами с огромной разницей уровней [3].

Чтобы обеспечить частотную независимость SDR системы от параметров конкретного АЦП/ЦАП выгодно использовать высокочастотный линейный тракт, который переносит спектр сигнала на более низкие частоты, обеспечивая нужное усиление и избирательность (рис. 1). Применяются SDR приемники супергетеродинного типа с цифровой обработкой сигнала на промежуточной частоте (а) и SDR устройства с квадратурными каналами (б). Использование схемы с двумя квадратурными каналами (рис. 1б) позволяет в два раза уменьшить частоту преобразования АЦП/ЦАП и упростить выделение амплитуды и фазы сигнала.

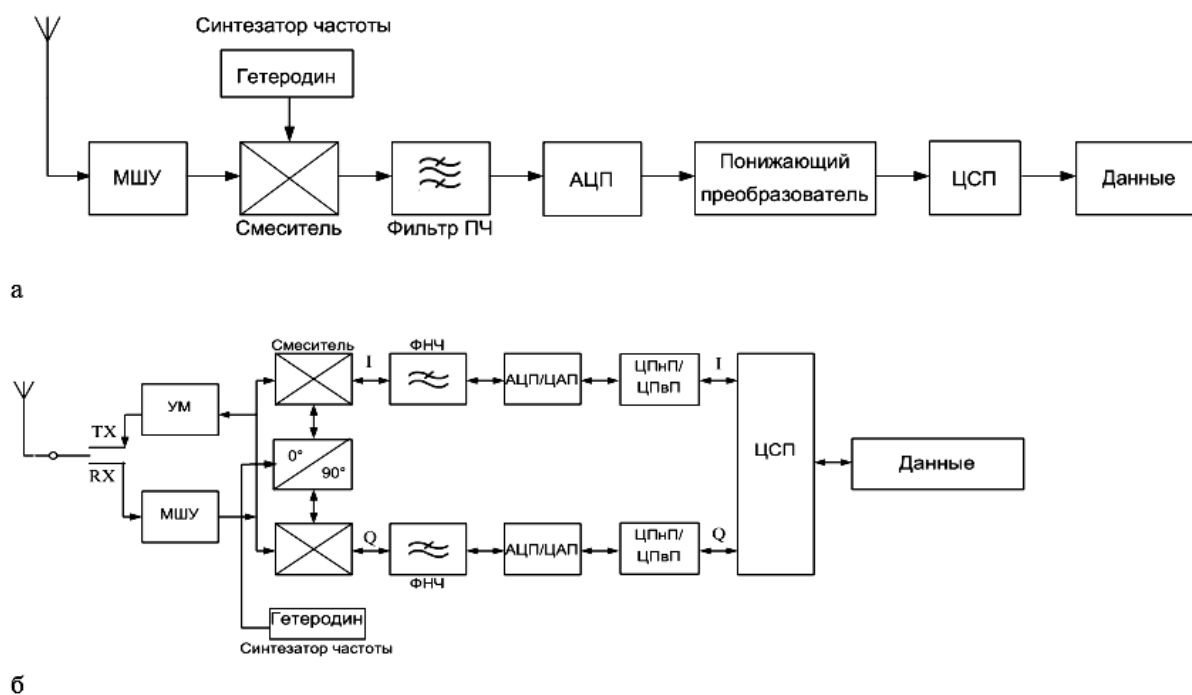


Рис. 1. SDR-приемник с супергетеродинной архитектурой (а) и SDR-приемопередатчик с квадратурными каналами (б)

На рис. 2 приведена реализация ПОР с использованием оборудования Universal Software Radio Peripheral (USRP-2920) фирмы National Instruments [4].

Подключение USRP к компьютеру позволяет создать двухканальную приемо-передающую ПОР с диапазоном рабочих частот 50 МГц – 2,2 ГГц с полосой обработки сигнала до 20 МГц. Для управления работой USRP использована среда программирования LabVIEW, которая предоставляет удобный интерфейс конфигурирования ПОР и работы с другими внешними устройствами.

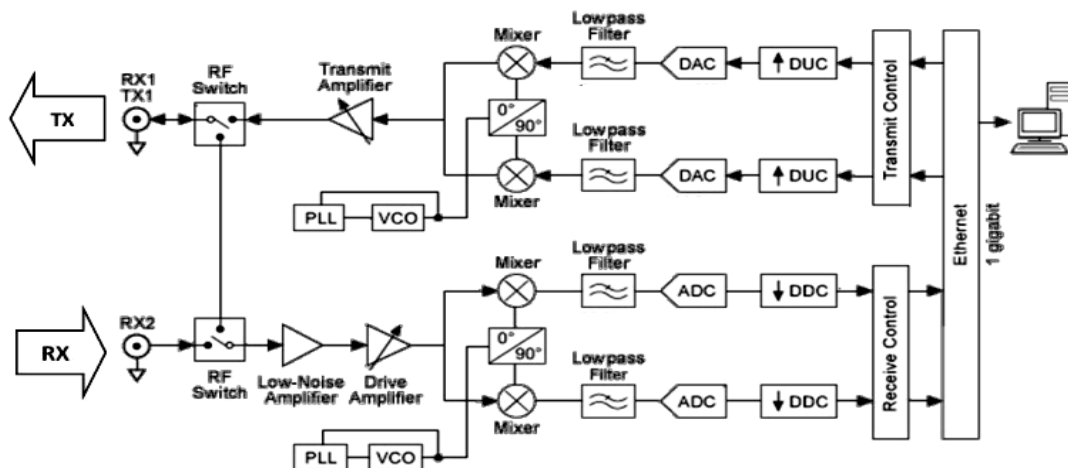


Рис. 2. Структурная схема NI USRP-2920

Поступающие на вход сигналы смешиваются в преобразователе частоты с сигналом гетеродина (VCO) для получения ортогональных I/Q компонент, которые после прохождения через ФНЧ с частотой среза 20 МГц дискретизируются 2-канальным 14-битным аналого-цифровым преобразователем (ADC) со скоростью 100 MS/s. Оцифрованные I/Q данные следуют параллельными путями в тракт цифрового преобразования с понижением частоты, при этом осуществляется смешивание, фильтрация и децимация в цифровом понижающем преобразователе (DDC). Прореженные отсчеты передаются на компьютер.

При передаче отсчеты I/Q сигналов синтизируются компьютером и передаются в USRP с заданной частотой дискретизации через интерфейс Ethernet, USB или PCI Express. USRP аппаратно интерполирует входные сигналы для более высокой частоты дискретизации, используя цифровой повышающий преобразователь (DUC), и далее при помощи 2-канального 16-разрядного цифро-аналогового преобразователя (DAC) и ФНЧ преобразует информацию в один аналоговый сигнал, который с помощью VCO повышается до рабочей частоты.

Устройство USRP-2920 предназначено для создания прототипов телекоммуникационных устройств, выполнения научных исследований и может использоваться в образовательных целях.

На рынке появились и более простые SDR приемники и трансиверы разных производителей по доступным ценам, для широкого круга потребителей, например, SDR приемник на микросхемах RTL2832U и R820T с частотным диапазоном 24-1750 МГц [5], структурная схема которого приведена на рис. 3.

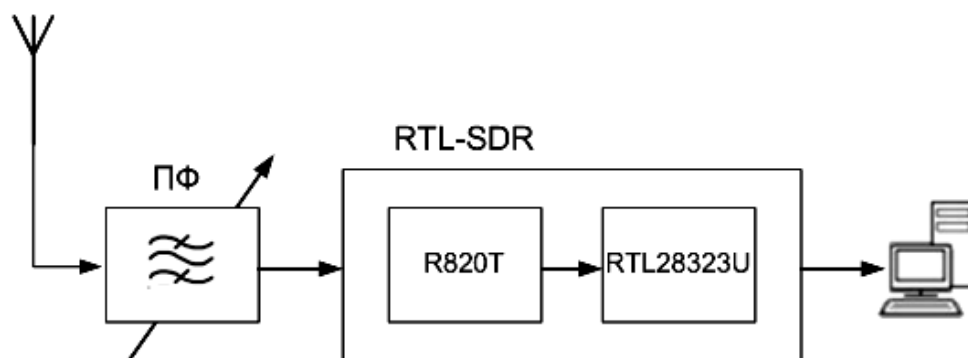


Рис. 3. Реализация SDR приемника на микросхемах RTL2832U и R820T

RTL2832U - это микросхема, содержащая два 8-битных АЦП с частотой дискретизации до 3,2 МГц и интерфейс USB 2.0 для связи с компьютером. Эта микросхема обрабатывает I и Q потоки, которые получают на выходе R820T. Микросхема R820T реализует радиочастотную часть SDR и содержит усилитель, перестраиваемый полосный фильтр и квадратурный преобразователь с синтезатором частоты [6]. R820T и RTL2832 - это две наиболее удобные для микросхемы для создания простых SDR приемников. Для управления работой RTL SDR приёмника рекомендуется использовать бесплатные программы SDRSharp HSDR или GNU Radio, так как они позволяют реализовать разнообразные функции обработки сигналов и имеют удобный интерфейс.

Технология SDR призвана создавать унифицированные многофункциональные беспроводные терминалы с большим сроком жизни и решать проблемы совместимости различных систем мобильной связи и передачи данных. В настоящее время SDR устройства применяются в сотовой и военной связи, в

беспроводных модемах, в TV тюнерах и т.д., где в режиме реального времени требуется поддержка изменяющихся диапазонов частот и разнообразных протоколов. В недалеком будущем SDR системы, вероятно, займут лидирующее положение в мобильных устройствах связи различного применения.

Список литературы / References

1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Программно-определяемая_радиосистема/ (дата обращения: 07.12.2017).
2. Программно-определяемая радиосистема. Принцип разработки высокочастотного линейного тракта. Периодический журнал научных трудов. Фэн-наука. Серия «Познание». № 2, 2015.
3. Щербак Н. Програмируемые радиостанции – будущее тактической связи. М.: ЭЛЕКТРОНИКА, 2001. № 5. С. 16–19.
4. Блэк Б.А. Введение в системы радиосвязи. Лабораторные работы с NI USRP и LabVIEW Communications. NI 326348A-01, 2014. С. 10-12.
5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xakep.ru/2014/10/31/rtl-sdr-first-steps/> (дата обращения: 07.12.2017).