

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.391.14

Способ демодуляции цифровых сигналов штатными средствами комплексного технического контроля

А.В. Волков, Н.С. Алексеев, Н.А. Науменко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация

Аннотация

Представлен практически реализуемый способ демодуляции цифровых сигналов с использованием средств комплексного технического контроля. Это достигается благодаря внедрению технологии программно-определяемого радио, при этом не требуется изменения аппаратной конфигурации. Предложенная идея отличается своей простотой в реализации. Рассмотренное решение может быть адаптировано для использования с другими типами цифровых управляемых или программируемых портативных радиостанций помимо той, что использована в данной работе.

Ключевые слова: демодуляция цифровых сигналов, комплексный технический контроль, программно-определяемое радио, цифровое мобильное радио

Для цитирования. Волков А.В., Алексеев Н.С., Науменко Н.А. Способ демодуляции цифровых сигналов штатными средствами комплексного технического контроля. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(1):15–19.

Method of Digital Signal Demodulation Using the Standard Integrated Technical Control Systems

Aleksey V. Volkov, Nikita S. Alekseev, Nikita A. Naumenko

Military Educational and Scientific Center of the Air Forces of the Air Force Academy Named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin, Voronezh, Russian Federation

Abstract

A feasible method of digital signal demodulation using the integrated technical control systems is presented. It envisages implementation of the software-defined radio (SDR) technology, which does not require alteration of the hardware layout. The proposed concept is distinct for simplicity of its implementation. The studied solution can be adopted for the use with other types of digitally controlled or programmable portable radio sets apart from the one used in the present research.

Keywords: digital signal demodulation, integrated technical control, software-defined radio, digital mobile radio

For citation. Volkov AV, Alekseev NS, Naumenko NA. Method of Digital Signal Demodulation Using the Standard Integrated Technical Control Systems. *Young Researcher of Don*. 2025;10(1):15–19.

Введение. Развитие технологий цифровой радиосвязи в мире и ее применение в различных сферах деятельности ознаменовали достаточно быстрый переход ведомств, служб и организаций на цифровые стандарты связи, такие как DMR, TETRA, DECT и т.д.

Организации-производители средств и комплексов комплексного технического контроля (КТК), радиомониторинга достаточно своевременно отреагировали на существующую проблему радиоконтроля соблюдения установленных правил радиобмена цифровыми средствами связи. На сегодняшний день в функционал современных средств закладывается возможность демодуляции сигналов указанных стандартов связи. Однако следует отметить, что существующие типовые образцы комплексов КТК и радиомониторинга старого образца зачастую не обладают таким функционалом. Поэтому обеспечение возможности демодуляции цифровых сигналов штатными средствами комплексного технического контроля с использованием технологии программно-определяемого радио [1] является важной задачей, а рассматриваемая тема статьи — актуальной и практически значимой.

Цель работы — провести анализ существующих способов и методов демодуляции цифровых сигналов стандарта Digital Mobile Radio (DMR), выявить основные недостатки и предложить варианты их устранения.

Основная часть. В 2022 году в ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) были разработаны способы и методы демодуляции цифровых сигналов стандарта DMR, однако полученные результаты не позволяли реализовать данные подходы без использования дополнительного оборудования. Основным недостатком разработанных способов и методов демодуляции явилось использование дополнительных приемников (таких как SDR RTL, Hack RF), а также внешних звуковых карт ввиду отсутствия в соответствующих модулях обработки штатных персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) линейных входов (Line In).

Основным отличием линейного входа Line In от микрофонного (Mic) является наличие у последнего предусилителя (рис. 1).

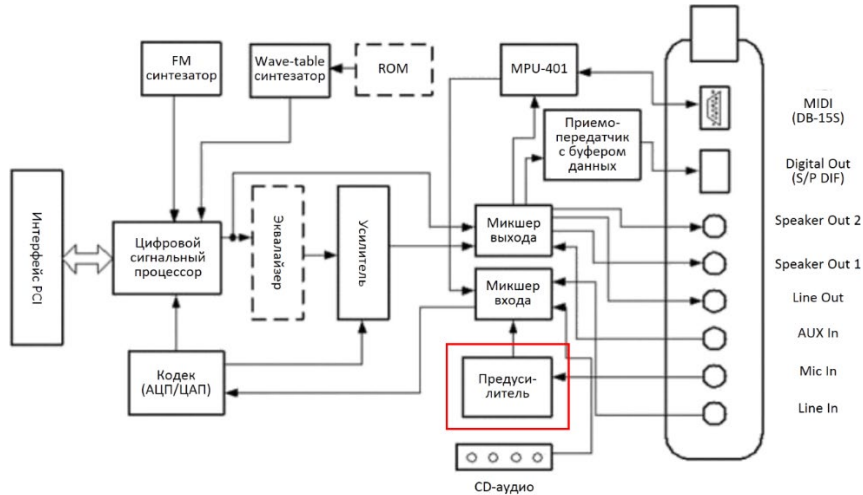


Рис. 1. Отличительные особенности линейного (Line In) и микрофонного (Mic) входов

Использование микрофонного входа (Mic) вносит сильное искажение входного сигнала, из-за чего происходит ошибка в декодировании цифрового сигнала DMR. Для решения данной проблемы был рассчитан делитель напряжения (рис. 2).

Связная радиостанция Yaesu FT-8800, применяемая в одном из комплексов КТК для организации командной связи, обладает возможностями декодирования цифровых сигналов стандарта DMR. Однако заводом-изготовителем функция декодирования на уровне специального программного обеспечения (СПО) оператора в комплекс не заложена.

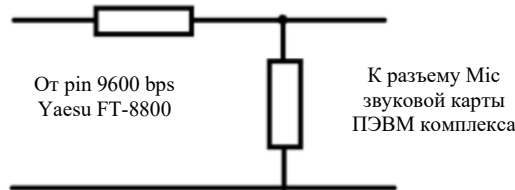


Рис. 2. Схема делителя напряжения

Для осуществления взаимодействия ПЭВМ с банками памяти радиостанции Yaesu FT-8800 разработана схема программатора на базе микроконтроллера CP2102 и использовано программное обеспечение «CHIRP» с некоммерческой лицензией (рис. 3, 4).

CHIRP (Yaesu_FT-8800_20240114.img)

Файл Правка Вид Станция Справка

Yaesu_FT-8800_20240114.img x

Ячейки памяти (Left)	Банки (Left)	Ячейки памяти (Right)	Банки (Right)	Браузер	Информация						
Частота	Имя	Вид субтона	ТонПРД	DTCS	Дуплекс	Смещение	Режим	Шаг настройки	Пропустить	Мощность	Комментарий
1	430.000000						FM	15.0		Hi	
2	430.012500						FM	15.0		Hi	
3	430.025000						FM	15.0		Hi	
4	430.037500						FM	15.0		Hi	
5	430.050000						FM	15.0		Hi	
6	430.062500						FM	15.0		Hi	
7	430.075000						FM	15.0		Hi	
8	430.087500						FM	15.0		Hi	
9	430.100000						FM	15.0		Hi	
10											

Рис. 3. СПО «CHIRP» с некоммерческой лицензией

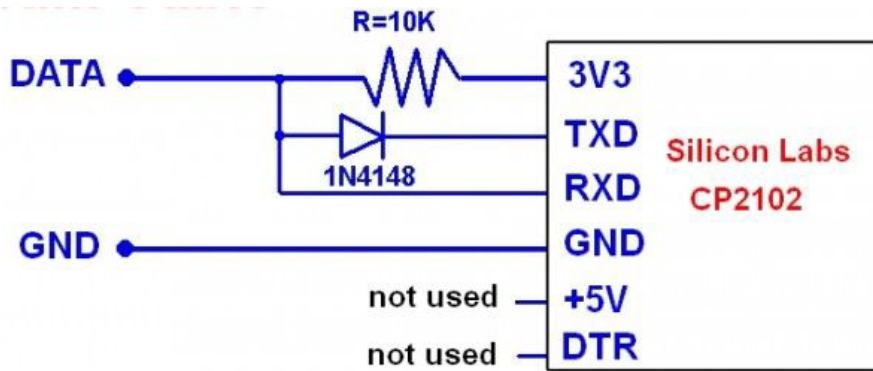


Рис. 4. Схема программатора

С учетом вышеизложенного было разработано устройство согласования микрофонного входа (Mic) встроенной звуковой карты с интерфейсом Data радиостанции Yaesu FT-8800 и программатор для взаимодействия с банками памяти радиостанции, схема которого представлена на рис. 5.

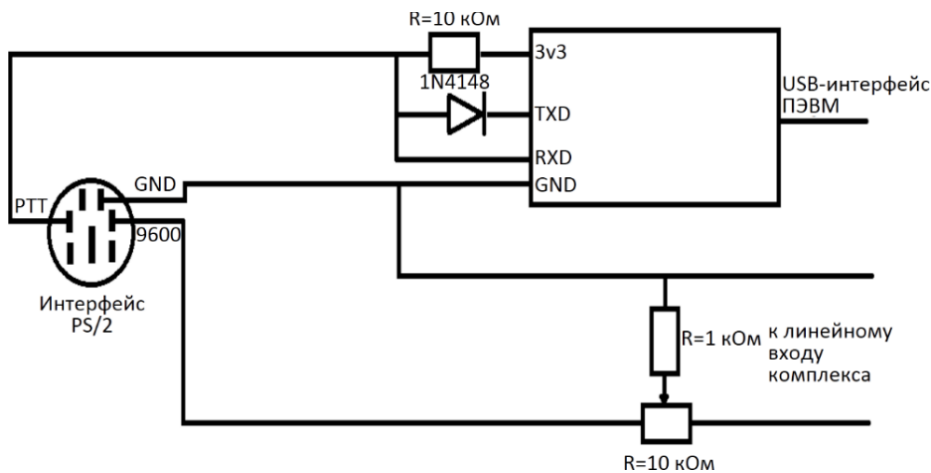


Рис. 5. Схема устройства согласования

Разработанное устройство согласования позволяет осуществлять оцифровку сигнала, принятого радиостанцией Yaesu FT-8800, с использованием встроенной звуковой карты ПЭВМ комплекса или средства КТК (радиомониторинга). Исходя из этого предлагается декодирование сигналов цифрового стандарта связи DMR с использованием потокового графа, разработанного в программной среде GNURadio [2] и представленного на рис. 6.

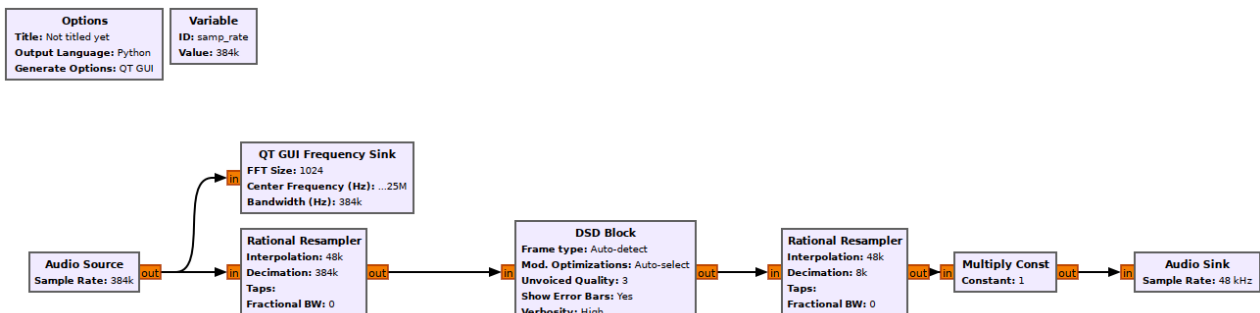


Рис. 6. Поточный граф декодирования сигнала стандарта цифровой связи DMR с применением радиостанции Yaesu FT-8800

Назначение структурных блоков потокового графа (рис. 6):

- Audio Source используется для потоковой передачи отсчетов со встроенной звуковой карты в ПЭВМ;
- QT GUI Frequency Sink производит визуализацию спектра входного сигнала на звуковую карту;
- Rational Resampler изменяет частоту дискретизации;
- DSD Block производит декодирование цифрового сигнала связи DMR;
- Multiply Const усиливает сигнал;
- Audio Sink выводит звук на устройство звуковоспроизведения.

Главным преимуществом данного потокового графа является возможность использования максимального значения частоты дискретизации, встроенной в ПЭВМ звуковой карты, что позволяет повысить качество декодирования принимаемого цифрового сигнала стандарта DMR.

Для повышения оперативности работы оператора в программной среде PyCharm на языке программирования Python [3] разработано программное обеспечение DMRPost, главное окно которого представлено на рис. 7.

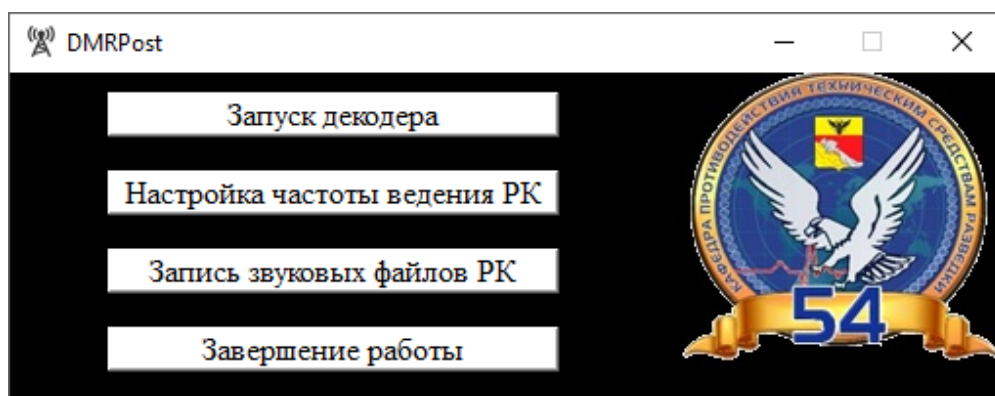


Рис. 7. Разработанное программное обеспечение DMRPost

Данная программа обеспечивает быстрое взаимодействие оператора с необходимыми программными продуктами (DSDPlus — декодер сигнала DMR; CHIRP — программа для работы с банками памяти радиостанции Yaesu FT-8800; UV SoundRecorder — программа для записи аудиофайлов) для осуществления качественного радио-контроля цифрового стандарта связи DMR.

Заключение. Предложенный подход по демодулированию сигналов открытых цифровых каналов связи может быть реализован во всех комплексах КТК и радиомониторинга старого парка [4] без изменения их аппаратной конфигурации, а в отдельных случаях — после установки радиостанции наподобие Yaesu FT-8800.

Таким образом, в статье описан разработанный способ демодуляции цифровых сигналов без изменения аппаратной конфигурации штатных средств КТК (радиомониторинга), который подразумевает под собой использование программно-аппаратного комплекса, состоящего из специального программного обеспечения «DMRPost» и устройства согласования.

Список литературы

1. Collins TF, Gets R, Pu D, Wyglinski AM. *Software-Defined Radio for Engineers*. 2018.
2. *Gnu Radio*. URL: <https://wiki.gnuradio.org/about/> (дата обращения: 09.12.2024).
3. Прохоренок Н.А., Дронов В.А. *Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений*. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: BHV; 2019. 832 с.
4. Булычев О.А., Кравцов Е.В., Попов К.В. *Комплексы и средства защиты информации и контроля: Учебное пособие*. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА»; 2013. 193 с.

Об авторах:

Алексей Витальевич Волков, кандидат технических наук, начальник кафедры противодействия техническим средствам разведки Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394003, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 153), volkovalexey@mail.ru

Никита Сергеевич Алексеев, курсант Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394003, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 153), jampfy@mail.ru

Никита Андреевич Науменко, курсант Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394003, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 153), naumenko26@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Aleksey V. Volkov, Cand.Sci.(Engineering), Head of the Department of Counteraction to Technical Means of Intelligence of the Military Educational and Scientific Center of the Air Forces, Air Force Academy Named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin, (153, Krasnoznamennaya Str., Voronezh, 394003, Russian Federation), volkovalexey@mail.ru

Nikita S. Alekseev, Cadet of the Military Educational and Scientific Center of the Air Forces, Air Force Academy Named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin (153, Krasnoznamennaya Str., Voronezh, 394003, Russian Federation), jampfy@mail.ru

Nikita A. Naumenko, Cadet of the Military Educational and Scientific Center of the Air Forces, Air Force Academy Named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin (153, Krasnoznamennaya Str., Voronezh, 394003, Russian Federation), naumenko26@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.