

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Electronică și Telecomunicații
Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere
Șefă de departament:
Valentina Tîrșu conferențiar universitar, doctor în științe tehnice

**ELABORAREA PLATFORMEI DE SIMULARE A
PROCESĂRII SEMNALELOR RADIO BAZATĂ PE
TEHNOLOGIA SDR & GNU RADIO**

Proiectul/Teza de licență

Student: Palamarciuc Alexei, gr. TST-202

Coordonator: Secrieru Nicolae conf. univ.dr

Consultant: Gritco Maria
asist.univ.

Chisinau, 2024

АННОТАЦИЯ

Паламарчук Алексей "Разработка платформы моделирования обработки радиосигналов на основе технологии SDR и GNU radio"

Дипломная работа на степень бакалавра в области электроники и телекоммуникаций.

Технологии и системы Электроники и Телекоммуникаций

Структура: Введение, три главы, общие выводы и рекомендации, библиография, страницы основного текста.

Ключевые слова: GNU radio, SDR, моделирование.

Цель работы: разработать платформу моделирования обработки радиосигналов на основе технологии SDR и GNU Radio. Для достижения поставленной цели были определены следующие цели:

1. Изучить основы технологии SDR и ее применение в радиосвязи и радиотехнике.
2. Освоить инструменты разработки сигнальных обработчиков и модулей на основе GNU Radio.
3. Разработать современную платформу для моделирования обработки радиосигналов, основанную на технологии SDR и GNU Radio.
4. Создать гибкий инструмент, который позволит исследователям и инженерам эффективно анализировать и оптимизировать процессы обработки радиосигналов.

Задачи:

1. Анализ методов/средств обработки радиосигналов.
2. Общее описание методики обработки радиосигналов с помощью технологии SDR и GNU Radio.
3. Разработка методики генерирования радио сигнала в форме синусоида и шума.
4. Разработка методики генерирования радиосигналов треугольной и пилообразной формы
5. Тестирование методик.

Методология исследования: Для проведения исследования по затронутой теме применялись аналитический, логический, системный и сравнительный методы.

Элементы новизны и научная оригинальность: Новаторский подход заключается в создании методики, объединяющей синусоидальные компоненты с треугольным или пилообразным шумом, что позволяет исследовать влияние различных видов шума на радиосистемы. Исследование методов автоматической адаптации параметров генерируемых сигналов на основе обратной связи, что позволяет создавать более универсальные и гибкие методики генерации радиосигналов. Элемент новизны заключается в использовании GNU Radio для создания методики генерации радиосигнала с учетом различных форм шума. GNU Radio обеспечивает широкие возможности для разработки и тестирования сигнальных обработчиков, что делает его мощным инструментом для исследований в области радиотехники.

Выводы и рекомендации: Выводы GNU Radio предоставляет мощные инструменты для создания и моделирования различных типов радиосигналов, включая синусоидальные сигналы и различные формы шума. Это открывает широкие возможности для исследования и тестирования радиосистем. Рекомендуется провести дополнительные эксперименты для более глубокого изучения влияния треугольного и пилообразного шума на производительность радиосистем. Это поможет оптимизировать параметры сигналов для повышения устойчивости и эффективности радиосвязи.

ANOTARE

Palamarchuk Alexei "Dezvoltarea unei platforme de modelare a prelucrării semnalelor radio bazată pe tehnologia SDR și GNU radio"

Lucrare de diplomă pentru obținerea titlului de licențiat în domeniul electronicii și telecomunicațiilor.

Tehnologii și sisteme de Electronică și Telecomunicații.

Structură: Introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie, pagini de text principal.

Cuvinte cheie: GNU Radio, SDR, modelare.

Obiectiv: dezvoltarea unei platforme de simulare a procesării semnalelor radio bazată pe tehnologia SDR și GNU Radio.

Pentru a atinge scopul propus, au fost stabilite următoarele obiective:

Studierea bazelor tehnologiei SDR și a aplicării acesteia în radiocomunicații și radiotehnică.

Însușirea instrumentelor de dezvoltare a procesoarelor de semnal și modulelor bazate pe GNU Radio.

Dezvoltarea unei platforme moderne pentru modelarea prelucrării semnalelor radio, bazată pe tehnologia SDR și GNU Radio.

Crearea unui instrument flexibil care să permită cercetătorilor și inginerilor să analizeze și să optimizeze eficient procesele de prelucrare a semnalelor radio.

Sarcini:

1. Analiza metodelor/mijloacelor de procesare a semnalelor radio.
2. Descrierea generală a metodologiei de procesare a semnalelor radio cu ajutorul tehnologiei SDR și a GNU Radio.
3. Dezvoltarea unei metodologii pentru generarea semnalului radio în formă sinusoidală și zgomot.
4. Dezvoltarea unei metodologii pentru generarea semnalelor radio de formă triunghiulară și aserată. Testarea metodologiilor.

Metodologia cercetării: Pentru desfășurarea cercetării pe tema abordată s-au utilizat metode analitice, logice, sistemice și comparative.

Elemente de noutate și originalitate științifică: Abordarea inovatoare constă în crearea unei metodologii care combină componente sinusoidale cu zgomot triunghiular sau dințat, ceea ce permite investigarea influenței diferitelor tipuri de zgomot asupra sistemelor radio. Studiarea metodelor de adaptare automată a parametrilor semnalelor generate pe baza feedback-ului, oferind metodologii de generare a semnalelor radio mai universale și flexibile. Elementul de noutate constă în utilizarea GNU Radio pentru crearea unei metodologii de generare a semnalelor radio, luând în considerare diferitele forme de zgomot. GNU Radio oferă posibilități vaste pentru dezvoltarea și testarea procesoarelor de semnal, făcându-l un instrument puternic pentru cercetările în domeniul radiotehnicii.

Concluzii și recomandări: GNU Radio oferă instrumente puternice pentru crearea și modelarea diferitelor tipuri de semnale radio, inclusiv semnale sinusoidale și diverse forme de zgomot. Aceasta deschide oportunități largi pentru cercetarea și testarea sistemelor radio. Se recomandă efectuarea de experimente suplimentare pentru o înțelegere mai profundă a influenței zgomotului triunghiular și dințat asupra performanței sistemelor radio. Aceasta va ajuta la optimizarea parametrilor semnalelor pentru creșterea stabilității și eficienței radio comunicațiilor.

ANNOTATION

**Palamarchuk Alexey "Development of a signal processing modeling platform based on SDR technology and GNU Radio"
Bachelor's thesis in the field of electronics and telecommunications.**

Technologies and Systems of Electronics and Telecommunications

Structure: Introduction, three chapters, general conclusions and recommendations, bibliography, main text pages.

Keywords: GNU Radio, SDR, modeling.

Objective: to develop a simulation platform for signal processing based on SDR technology and GNU Radio. To achieve this goal, the following tasks were defined:

1. Study the basics of SDR technology and its application in radio communication and radio engineering.
2. Master the development tools for signal processors and modules based on GNU Radio.
3. Develop a modern platform for modeling the processing of radio signals based on SDR technology and GNU Radio.
4. Create a flexible tool that will allow researchers and engineers to effectively analyze and optimize radio signal processing processes.

Tasks:

1. Analysis of methods/tools for radio signal processing.
2. General description of the methodology for processing radio signals using SDR technology and GNU Radio.
3. Development of a methodology for generating radio signals in the form of sinusoids and noise.
4. Development of a methodology for generating radio signals of triangular and sawtooth shapes.
5. Testing methodologies.

Research Methodology: Analytical, logical, systemic, and comparative methods were applied to conduct research on the topic.

Novelty and Scientific Originality: The innovative approach lies in the creation of a methodology that combines sinusoidal components with triangular or sawtooth noise, allowing the investigation of the influence of different types of noise on radio systems. The study of methods for automatic adaptation of parameters of generated signals based on feedback, allowing the creation of more versatile and flexible methods for generating radio signals. The novelty lies in the use of GNU Radio to create a methodology for generating radio signals considering different forms of noise. GNU Radio provides extensive capabilities for the development and testing of signal processors, making it a powerful tool for radio engineering research.

Conclusions and Recommendations: GNU Radio provides powerful tools for creating and modeling various types of radio signals, including sinusoidal signals and various forms of noise. This opens up wide possibilities for research and testing of radio systems. It is recommended to conduct additional experiments for a deeper study of the influence of triangular and sawtooth noise on the performance of radio systems. This will help optimize signal parameters to improve the stability and efficiency of radio communication.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 11 |
| 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ/СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ | 13 |
| 1.1. КЛАССИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ..... | 13 |
| 1.2. ОБРАЗОВАНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ SDR МОДЕЛИ..... | 16 |
| 1.3. ПРОГРАММНАЯ ОБРАБОТКА РАДИОСИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ GNU РАДИО .. | 22 |
| 1.4. ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ..... | 23 |
| 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ SDR И GNU RADIO | 25 |
| 2.1 ОБЩАЯ МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ SDR И GNU РАДИО | 25 |
| 2.2 МЕТОДИКА ГЕНЕРИРОВАНИЯ РАДИО СИГНАЛА В ФОРМЕ СИНУСОИДА И ШУМА ... | 30 |
| 2.3 МЕТОДИКА ГЕНЕРИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ ТРЕУГОЛЬНОЙ И ПИЛООБРАЗНОЙ ФОРМЫ..... | 33 |
| 2.4 ВЫВОДЫ..... | 43 |
| 3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ | 44 |
| 3.1 ПЛАН РАЗРАБОТКИ | 44 |
| 3.2 РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ..... | 44 |
| 3.3 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ РАСХОДОВ..... | 45 |
| 3.4 РАСЧЕТ РАСХОДОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА..... | 47 |
| ВЫВОДЫ | 49 |
| БИБЛИОГРАФИЯ | 51 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 53 |

| | | | | | | | |
|------------|-------------|-------------------|----------------|-------------|---|--------------|-------------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | | |
| Mod | Coli | № Document | Semnat. | Data | | | |
| Elaborat | | Palamarciuc.A | | | Aplicarea tehnologiilor informaționale și de telecomunicații inovatoare in logistica aeriană | | |
| Coordonat | | Secieru.N | | | | | |
| Consultant | | Grițco M. | | | | | |
| N.Contr. | | | | | | | |
| Aprobat | | Tîrșu V. | | | | | |
| | | | | | Litera | Coală | Coli |
| | | | | | | 10 | 53 |
| | | | | | UTM FET gr. TST-202 | | |

Введение

Разработка и совершенствование технологий обработки радиосигналов является важным направлением в современной инженерной и научной деятельности.

С развитием цифровых технологий и программного обеспечения возрос интерес к программно-определяемому радио (SDR) и свободно распространяемому инструментарию GNU Radio для создания гибких и масштабируемых радиосистем.

SDR представляет собой технологию, позволяющую реализовывать радиосистемы с помощью программного обеспечения и универсального аппаратного обеспечения, в отличие от традиционных радиосистем, основанных на жестких аппаратных решениях. GNU Radio, в свою очередь, представляет собой набор инструментов и библиотек для разработки сигнальной обработки и построения радиосистем с использованием SDR.

Сущность данной работы заключается в разработке платформы моделирования обработке радиосигналов на основе технологии SDR и GNU Radio. Она заключается в создании универсального инструментария, позволяющего моделировать, анализировать и оптимизировать процессы обработки радиосигналов в различных сценариях и приложениях. При этом основное внимание уделяется гибкости, масштабируемости и эффективности разрабатываемой платформы.

В данной работе рассматриваются основные теоретические и методологические аспекты разработки платформы моделирования обработки радиосигналов на базе SDR и GNU Radio. Изучены главные принципы работы SDR, преимущества и недостатки данной технологии, а также основные принципы построения радиосистем с использованием GNU Radio. Представлен анализ существующих подходов к моделированию радиосигналов и их обработки, а также предложены методы и подходы к созданию эффективной и гибкой платформы моделирования на базе SDR и GNU Radio.

Цель данной работы является разработать платформу моделирования обработки радиосигналов на основе технологии SDR и GNU Radio.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- 1) Изучить основы технологии SDR и ее применение в радиосвязи и радиотехнике.
- 2) Освоить инструменты разработки сигнальных обработчиков и модулей на основе GNU Radio.
- 3) Разработать современную платформу для моделирования обработки радиосигналов, основанную на технологии SDR и GNU Radio.
- 4) Создать гибкий инструмент, который позволит исследователям и инженерам эффективно анализировать и оптимизировать процессы обработки радиосигналов.

| | | | | | | |
|-----|-------|-------------|---------|-------|---------------------------|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | Coala |
| Mod | Coal. | № Document. | Semnat. | Data. | | 11 |

б) Исследовать возможности использования платформы для анализа и оптимизации беспроводных коммуникаций.

Объектом исследования в этой работе являются платформы моделирования обработки радиосигналов на основе технологии SDR и GNU Radio

Предметом исследования является разработка платформы моделирования обработки радиосигналов на основе технологии SDR и GNU Radio.

Для выполнения целей и задач предложенных выше дипломная работа была построена из трех основных глав.

Первая глава теоритическая, где содержится информация, связанная с понятием технологии SDR и GNU Radio, а также ее структурой ,способом образование радиосигналов , сформированы задачи проектирования.

Вторая глава практическая, в ней представлена общая методика образования радиосигналов с помощью технологии SDR и GNU radio, рассмотрен метод генерирования радио сигнала в форме синусоида и шума, изучены треугольная форма и пилообразная форма сигнала.

Глава третья - последняя, и ее содержание представляет собой экономический анализ и финансовые ресурсы, необходимые для разработки и реализации анализируемых алгоритмов, а также нормы охраны труда, которые необходимо соблюдать для правильного выполнения предложенных задач.

| | | | | | | |
|-----|-------|-------------|---------|-------|--------------------|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | Coala |
| Mod | Coal. | № Document. | Semnat. | Data. | | 12 |

| | | | | | | |
|-----|-------|--------------|---------|-------|--------------------|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | Coala |
| Mod | Coal. | Nº Document. | Semnat. | Data. | | 47 |

| | | | | | | |
|-----|-------|--------------|---------|-------|--------------------|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | Coala |
| Mod | Coal. | Nº Document. | Semnat. | Data. | | 48 |

| | | | | | | |
|------------|--------------|--------------------|----------------|--------------|---------------------------|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | Coala |
| Mod | Coal. | № Document. | Semnat. | Data. | | 49 |

| | | | | | | |
|-----|-------|--------------|---------|-------|--------------------|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | Coala |
| Mod | Coal. | Nº Document. | Semnat. | Data. | | 50 |

Библиография.

1. SMITH, Grant Maloy *Что такое обработка сигналов?* [изучен 1 марта 2024]. Доступен: <https://dewesoft.com/ru/blog/what-is-signal-processing>
2. *Ettus Research Application Notes* [изучен 2 марта 2024]. Доступен: <https://www.ettus.com/application-notes>
3. GNU Radio Wiki [изучен 18 марта 2024]. Доступен: <https://wiki.gnuradio.org/>
4. Сообщество GNU Radio на GitHub [изучен 18 марта 2024]. Доступен: <https://github.com/gnuradio/gnuradio>
5. Сайт RTL-SDR [изучен 18 марта 2024]. Доступен: <https://www.rtl-sdr.com/>
6. GNU Radio документация и учебные материалы [изучен 4 апреля 2024]. Доступен: <https://www.gnuradio.org/docs/>
7. GNU Radio документация по установке и началу работы: [https://wiki.gnuradio.org/index.php/Main_Page#Tutorials and Guides](https://wiki.gnuradio.org/index.php/Main_Page#Tutorials_and_Guides)
8. VLECKEN, Luc .Видеоуроки по GNU Radio на YouTube [изучен 4 апреля 2024].
Доступен: https://www.youtube.com/results?search_query=gnu+radio+tutorial
9. Блог по теме SDR и GNU Radio [изучен 15 апреля 2024]. Доступен: <https://www.sigidwiki.com/wiki/Category:SDR>
10. Статья по GNURadio: <https://www.csd.uoc.gr/~hy330/material/HY330%20introduction.pdf>
11. *What is software defined radio* [изучен 15 апреля 2024].
Доступен: <https://www.wirelessinnovation.org/assets/documents/SoftwareDefinedRadio.pdf>
12. *GNU Radio Manual* (последнее обновление в репозитории GNU Radio на GitHub). [изучен 19 апреля 2024]. Доступен: <https://github.com/gnuradio/gnuradio>
13. *CLARK, Cory. Software Defined Radio: Enabling Technologies* . [изучен 21 апреля 2024].
Доступен: <https://www.wiley.com/en-us/Software+Defined+Radio%3A+Enabling+Technologies-p-9780470035606>
14. *GNU Radio Tutorials* - Официальные учебные материалы GNU Radio [изучен 21 апреля 2024]. Доступен: https://paper.bobylive.com/Hardware/GNU_Radio_Tutorials.pdf
15. Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ. [изучен 22 апреля 2024]. Доступен: <https://wireless-e.ru/gsm/software-defined-radio/>
16. Introduction to Software Defined Radio. [изучен 2 апреля 2024]. Доступен: <https://masoug.github.io/2021/02/26/intro-to-sdr.html>
17. SETSUKO, Kamiya. *Japonia un jucător cu cheie joasă în cursa spațială*. Japan Times . p. 3. Arhivat de la original la 3 august 2009.

| | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|---------|-------|--------------------|--|--|--|-------|
| | | | | | UTM 0714.01 015 ME | | | | Coala |
| Mod | Coal. | № Document. | Semnăt. | Data. | | | | | 51 |

18. GANGAN,Silvia. *Justificarea economica lucrarii de diploma*. Exemple numerice. Indrumar metodic. Partea 1. Nr.1414, Universitatea Tehnica a Moldovei, Chisinau, 2005.

19.ОЛАРУ,Ефим.*Надёжность Технических Систем и Техногенный Риск*, Universitatea Tehnica a Moldovei, лекционный курс, Chisinau, 2013

| | | | | | | |
|------------|--------------|--------------------|----------------|--------------|--|----|
| | | | | | | |
| Mod | Coal. | № Document. | Semnat. | Data. | | |
| | | | | | | 52 |