

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

Кафедра телекоммуникационных систем и вычислительных средств  
(ТС и ВС)

Отчет по производственной практике  
по дисциплине  
*SDR*

по теме:  
Архитектура Adalm Pluto SDR. GNU Radio. Построение радио-приёмника

Студент:  
*Группа ИА-331*

*Д.В Шкляев*

Предподаватели:  
*Лектор*  
*Практик*  
*Практик*

*Калачиков А.А*  
*Ахпашев А.В*  
*Попович И.А*

Новосибирск 2025 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....                    | 3 |
| КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ..... | 3 |
| ХОД РАБОТЫ .....                     | 5 |
| ВЫВОД .....                          | 9 |

# АРХИТЕКТУРА ADALM PLUTO SDR. GNU RADIO. ПОСТРОЕНИЕ РАДИО-ПРИЁМНИКА

**Цель работы:** Ознакомиться с архитектурой SDR-устройства ADALM Pluto. Сформировать радиоприемник для приёма и воспроизведения радиосигналов в реальном времени при помощи фреймворка GNU Radio и Adalm Pluto SDR.

## Краткие теоретические сведения

**GNURadio** - это инструмент который позволяет при помощи “строительных блоков” создать конфигурацию радиоустройства, не написав ни одной строчки кода, и запустить программу непосредственно с использованием модуля **SDR** (программно-определенное радио), например Adalm-Pluto, LimeSDR, и др.

### Что такое SDR?

**SDR** (Software Defined Radio) — это программируемое радио, в котором большинство функций традиционного радиоприёмника и радиопередатчика реализуются программно, а не аппаратно. В классических радиосистемах такие операции, как фильтрация, модуляция, демодуляция, обработка спектра и синхронизация выполняются с помощью аналоговых электронных блоков: фильтров, смесителей, детекторов, генераторов и т. д.

В SDR эти операции переносятся в цифровую область и обрабатываются программно, на компьютере или встроенном процессоре. Аппаратная часть SDR сведена к минимуму и включает только аналоговый фронтенд, АЦП и ЦАП, необходимые для преобразования сигнала между аналоговой и цифровой формами. Благодаря этому SDR позволяет быстро изменять параметры работы радиосистемы — частоту, полосу, тип модуляции и другие настройки — без переделки оборудования, лишь за счёт изменения программной конфигурации.

**Adalm Pluto** имеет два основных компонента — аналоговый радиочастотный приемопередатчик **AD9363** и система на кристалле (SoC) Xilinx Zynq 7000 Series.

**AD9363** содержит необходимые усилители, фильтры, а также цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи (**12-bit ADC** и **DAC**). Позволяет принимать и предоставлять IQ-сэмплы, формируемые или принимаемые системой на кристалле **Zynq SoC**. Пользователь может настроить несущую частоту, частоту дискретизации и т.д.

Система на кристалле оснащена процессором **ARM Cortex A9**, работающим на частоте **667 МГц** в сочетании с программируемой пользователем вентильной матрицей (**FPGA**). Пользовательские аппаратные модули реализованы в **FPGA**, обеспечивая связующий слой между прикладными процессорами (**ARM Cortex**) и радиочастотным приемопередатчиком (**AD9363**). Позволяет передавать и получать IQ-сэмплы пользовательскими приложениями, работающими на прикладных процессорах, через драйверы, размещенные в ядре **Linux**.

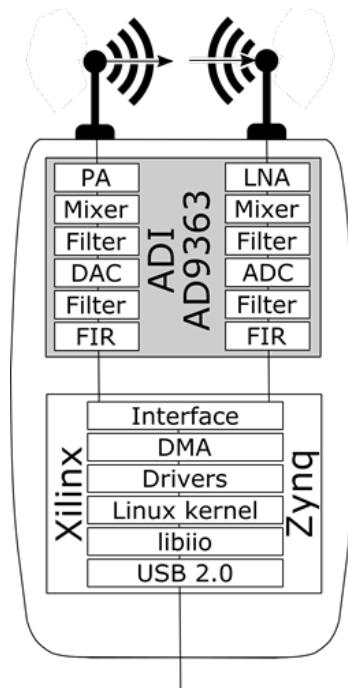


Рисунок 1 — Структура SDR

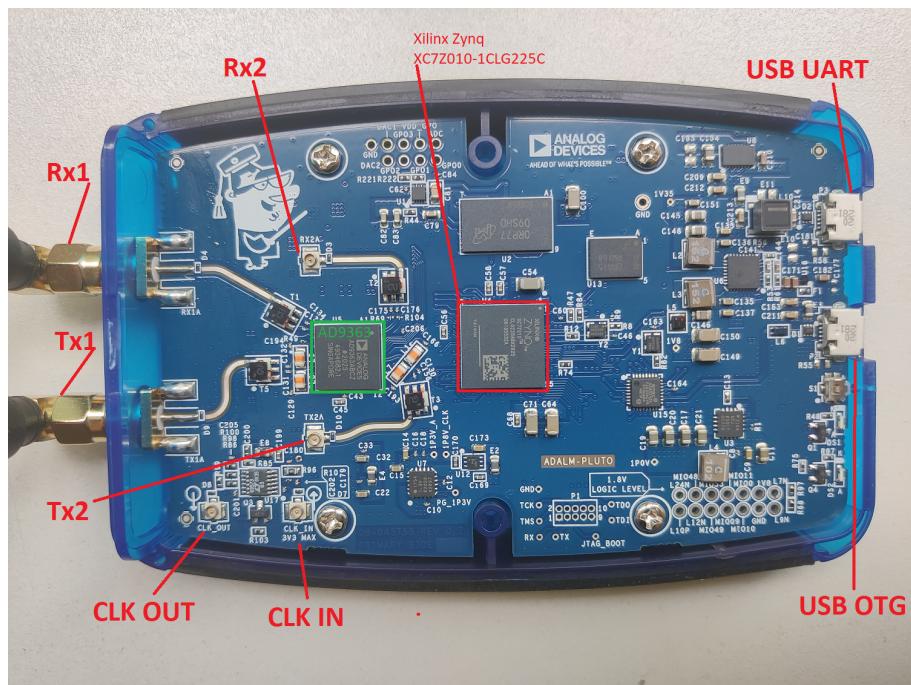


Рисунок 2 — Устройство SDR Adalm Pluto

## Ход работы

### 1. Установка GNURadio

В большинстве версий Ubuntu в менеджере приложений (Ubuntu Software) присутствует пакет GNU Radio Companion.

Я установил GNU Radio через менеджер приложений - Ubuntu Software Center.

### 2. Сборка FM-радио приёмника

Необходимые блоки:

- **PlutoSDR Source** - источник сигнала с устройства ADALM Pluto.
  - IIO context URI - IP адрес для подключения к устройству.
  - LO Frequency - несущая частота FM-станции.
  - Sample Rate - частота дискретизации.
  - Buffer Size - размер буфера.
  - RF Bandwidth - ширина полосы пропускания.

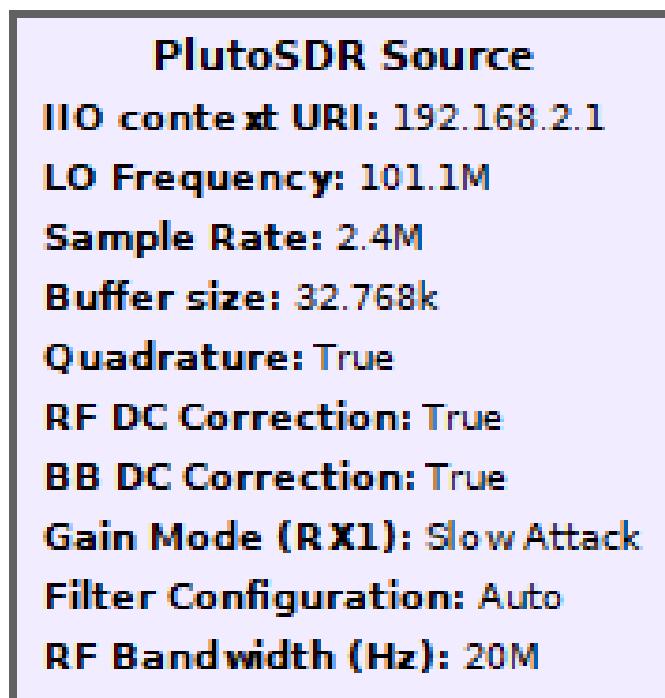


Рисунок 3 — PlutoSDR Source

- **QT GUI Frequency Sink** - блок для визуализации спектра сигнала в реальном времени.

Поможет нам визуально для более точного поиска FM-частоты.

- FFT Size - размер БПФ.
- Center Frequency - центральная частота.
- Bandwidth - полоса пропускания.

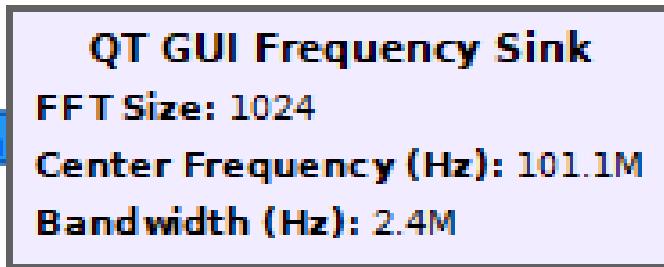


Рисунок 4 — QT GUI Frequency Sink

- **Low Pass Filter** - блок для фильтрации шумов.

Позволяет избавиться (подавить) от “лишнего” сигнала на частотах, отличных от среза исключаемой полосы FM-станции.

- Decimation - параметр, который необходимо настроить под sample rate аудио-потока для прослушивания.
- Gain - коэффициент усиления.
- Sample Rate - частота дискретизации.
- Cutoff Frequency - частота среза фильтра.
- Transition Width - ширина переходной полосы.
- Window - тип окна.

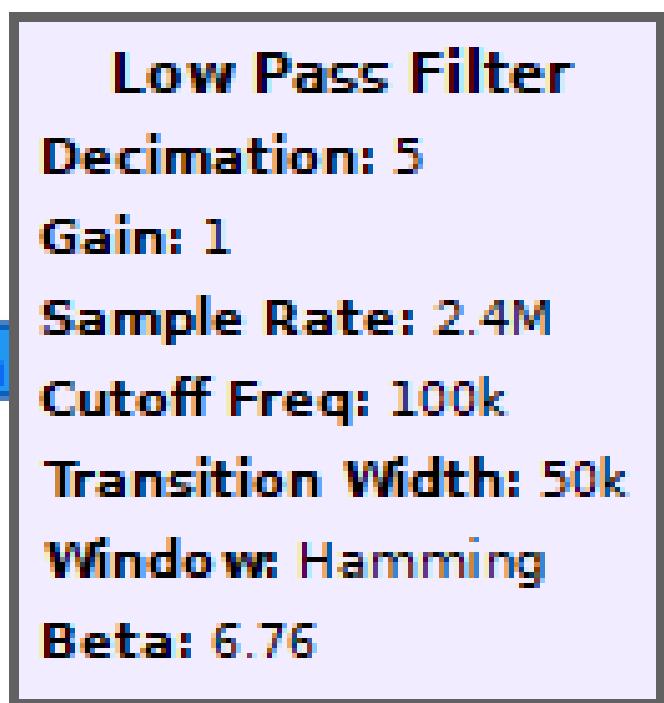


Рисунок 5 — Low Pass Filter

- **WBFM Receive** - блок позволяющий демодулировать широковещательный FM-сигнал.
  - Quadrature Rate - частота дискретизации.
  - Audio Decimation - параметр, который необходимо настроить под sample rate аудио-потока для прослушивания.

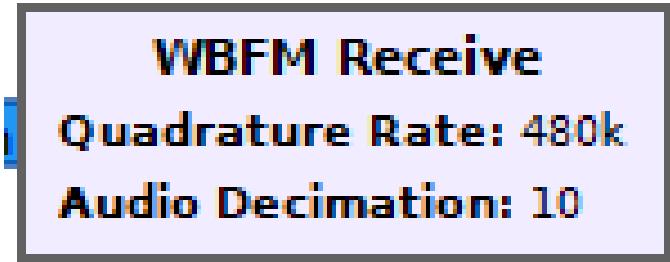


Рисунок 6 — WBFM Receive

- **Audio Sink** - блок для вывода звука на аудиоустройство
  - Sample Rate - частота дискретизации.



Рисунок 7 — Audio Sink

- **QT GUI Time Sink** - блок для визуализации сигнала во временной области.
  - Number of Points - количество точек на экране.
  - Sample Rate - частота дискретизации.
  - Autoscale - авто масштабирование.

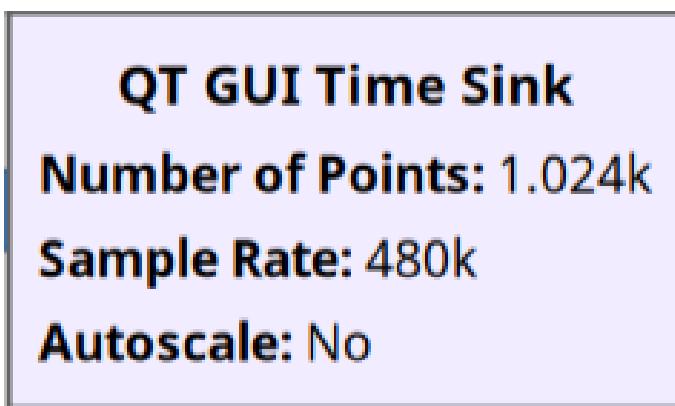


Рисунок 8 — QT GUI Time Sink

- **Variables** - блок переменных.
  - samp\_rate: 2.4M - частота дискретизации.
  - bw: 480k - ширина полосы пропускания.
- **QT GUI Range** - GUI ползунок для изменения каких либо параметров в реальном времени.
  - ID: tune - идентификатор переменной.

- Default Value: 106.2M - значение по умолчанию.
- Start: 88.7M - минимальное значение.
- Stop: 110.1M - максимальное значение.
- Step: 12.5k - шаг изменения значения.

### Итоговая схема FM-радио приёмника:

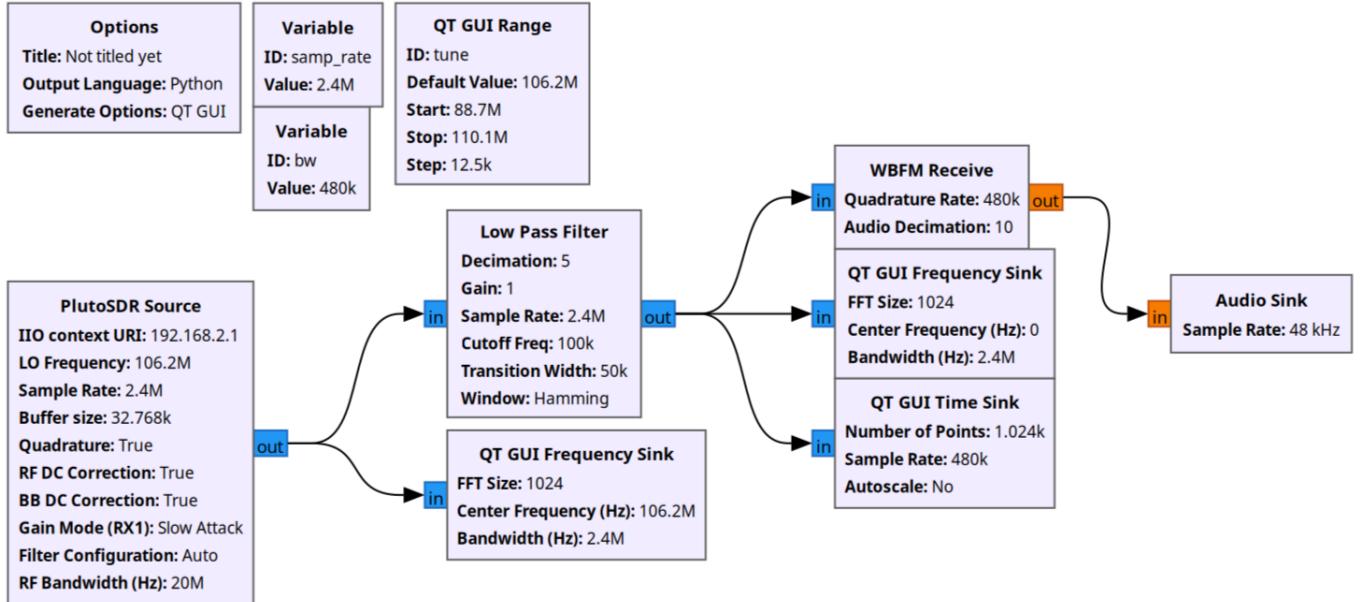


Рисунок 9 — FM Radio Receiver

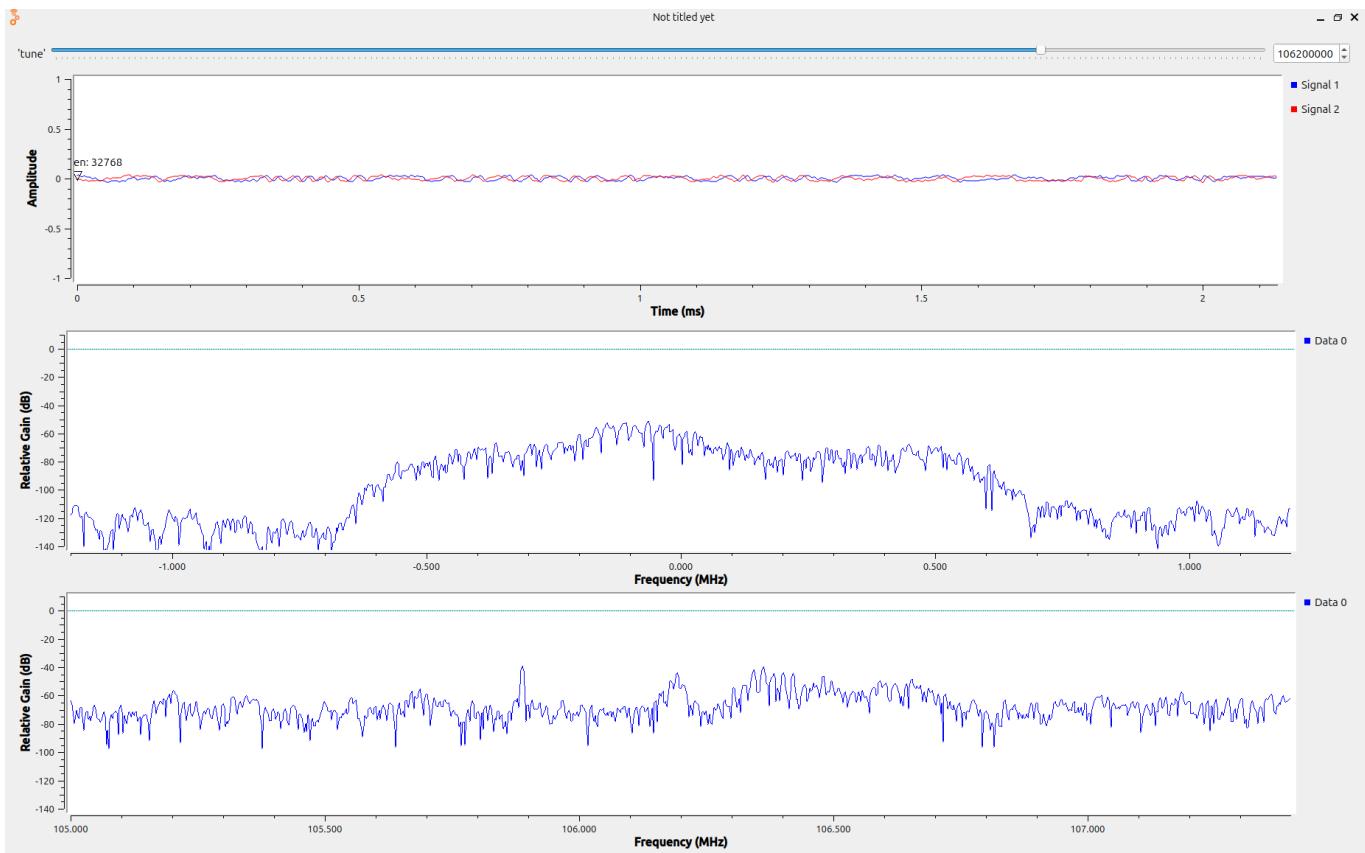


Рисунок 10 — Пример GUI FM-радио приёмника

## **Вывод**

В ходе выполнения лабораторной работы была изучена архитектура программно-определенного радио ADALM-Pluto, а также особенности его взаимодействия с фреймворком GNU Radio. На практике был собран и протестирован FM-радиоприёмник, работающий в реальном времени. В процессе работы были освоены базовые блоки GNU Radio, настроены параметры источника сигнала, фильтрации, демодуляции и аудиовывода. Построенная схема позволила успешно принимать, демодулировать и воспроизводить FM-радиосигналы, а также визуализировать спектр и временную область сигнала. Работа показала удобство и гибкость SDR-подхода, позволяющего изменять функциональность радиосистемы за счёт программной конфигурации без необходимости модификации аппаратной части.