

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

Преподаватели:
Лектор
Практик
Практик

Калачиков А.А
Ахнашев 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-определяемое радио), например Adalm-Pluto, LimeSDR, и др.

Что такое SDR?

SDR (Software Defined Radio) — это программно-определяемое 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**.

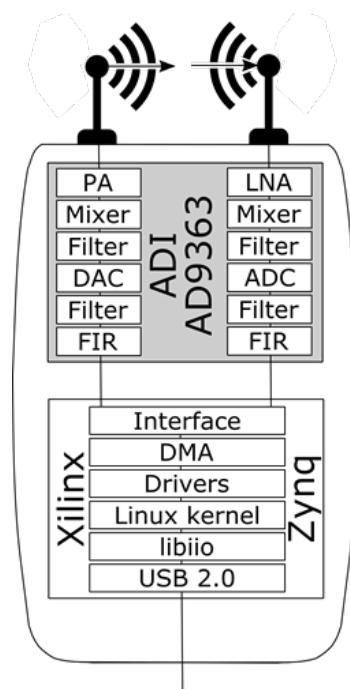


Рисунок 1 — Структура SDR

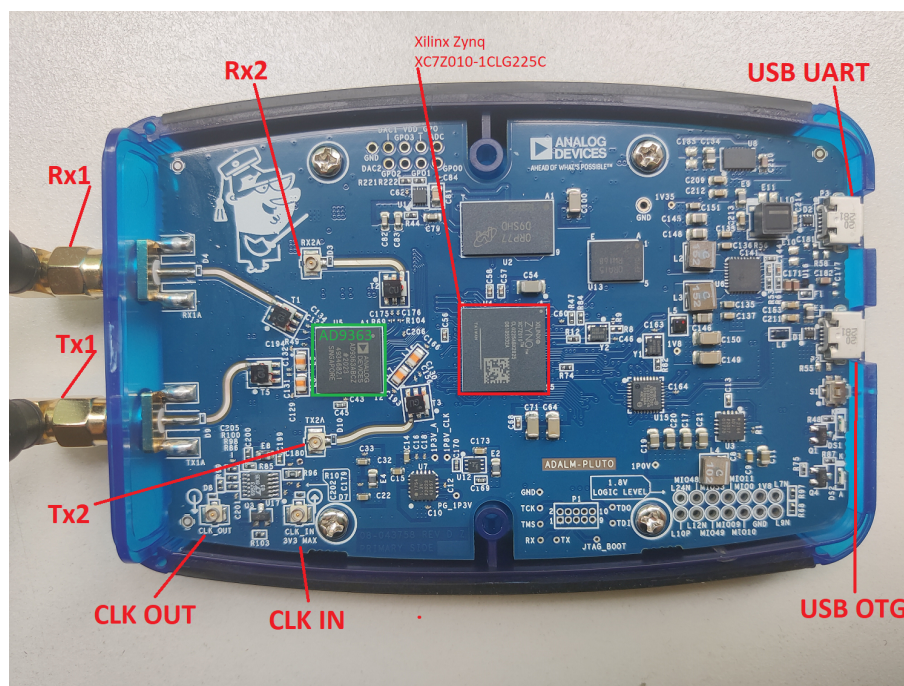


Рисунок 2 — Устройство SDR Adalm Pluto

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.

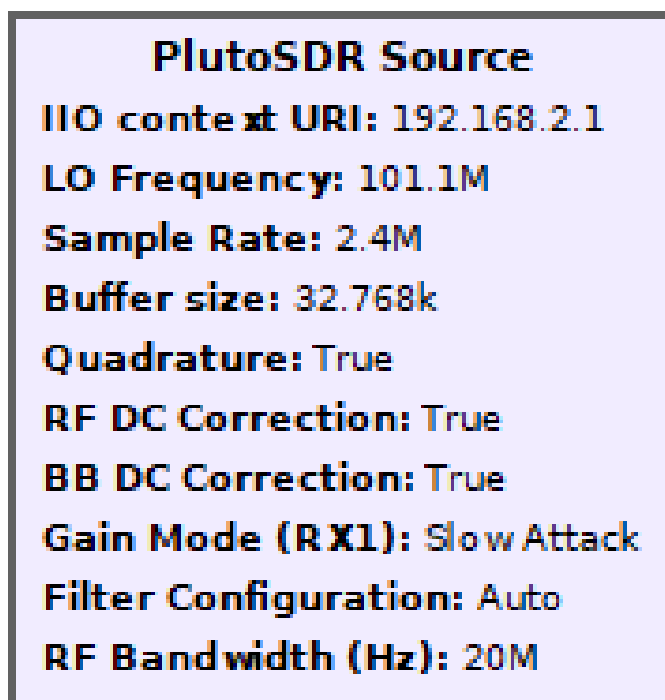


Рисунок 3 — PlutoSDR Source

- **QT GUI Frequency Sink** - блок для визуализации спектра сигнала в реальном времени. Поможет нам визуальным образом для более точного поиска FM-частоты.
 - FFT Size - размер БПФ.
 - Center Frequency - центральная частота.
 - Bandwidth - полоса пропускания.

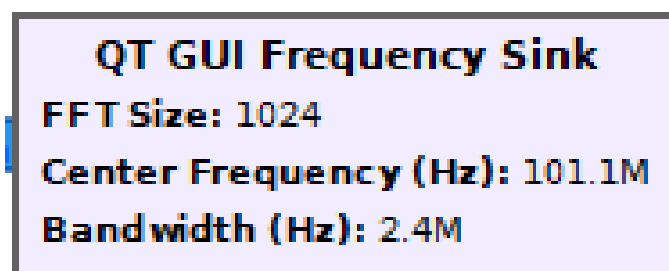


Рисунок 4 — QT GUI Frequency Sink

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

Позволяет избавиться (подавить) от “лишнего” сигнала на частотах, отличных от среза исходной 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.

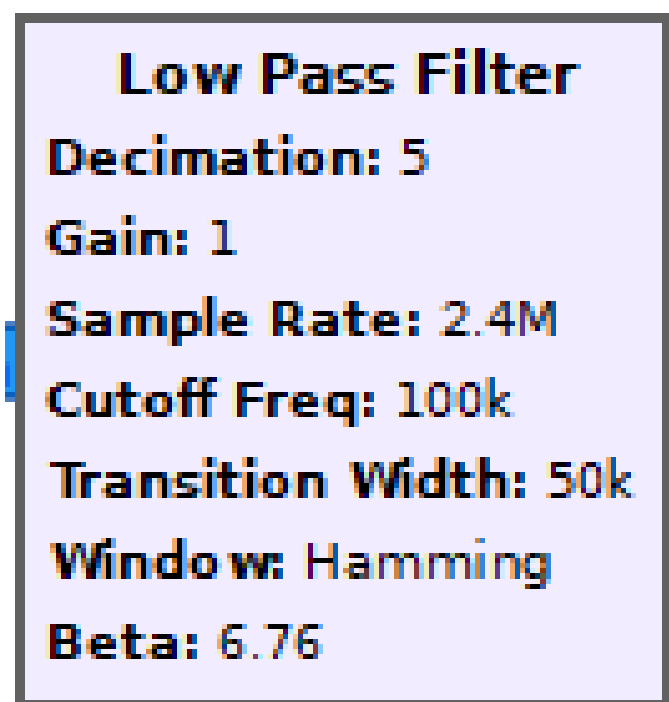


Рисунок 5 — Low Pass Filter

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

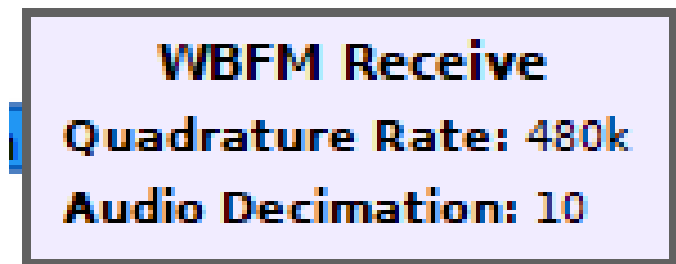


Рисунок 6 — WBFM Receive

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

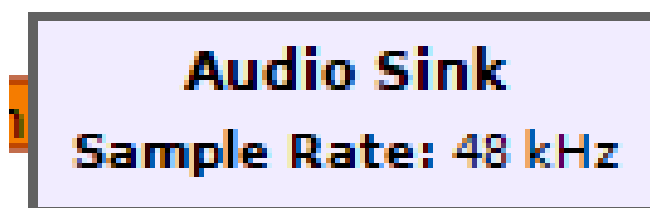


Рисунок 7 — Audio Sink

- **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.

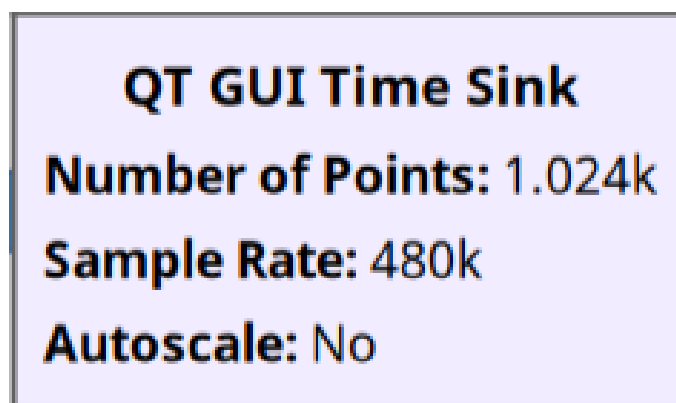


Рисунок 8 — QT GUI Time Sink

- **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:

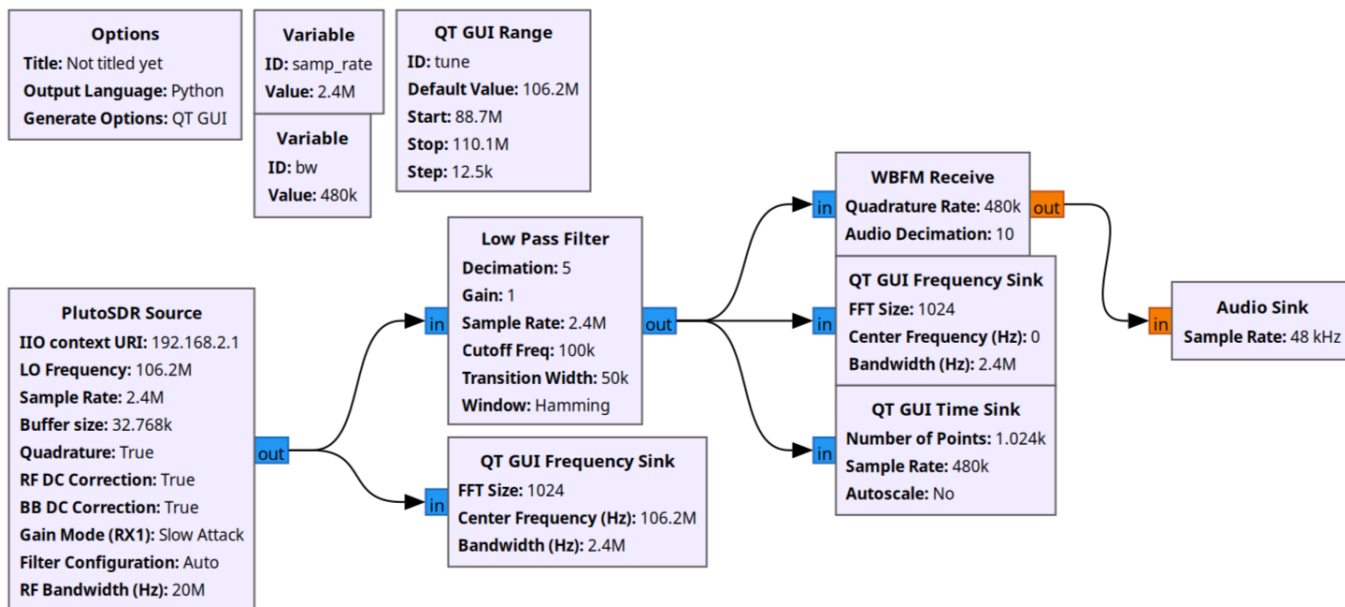


Рисунок 9 — FM Radio Receiver

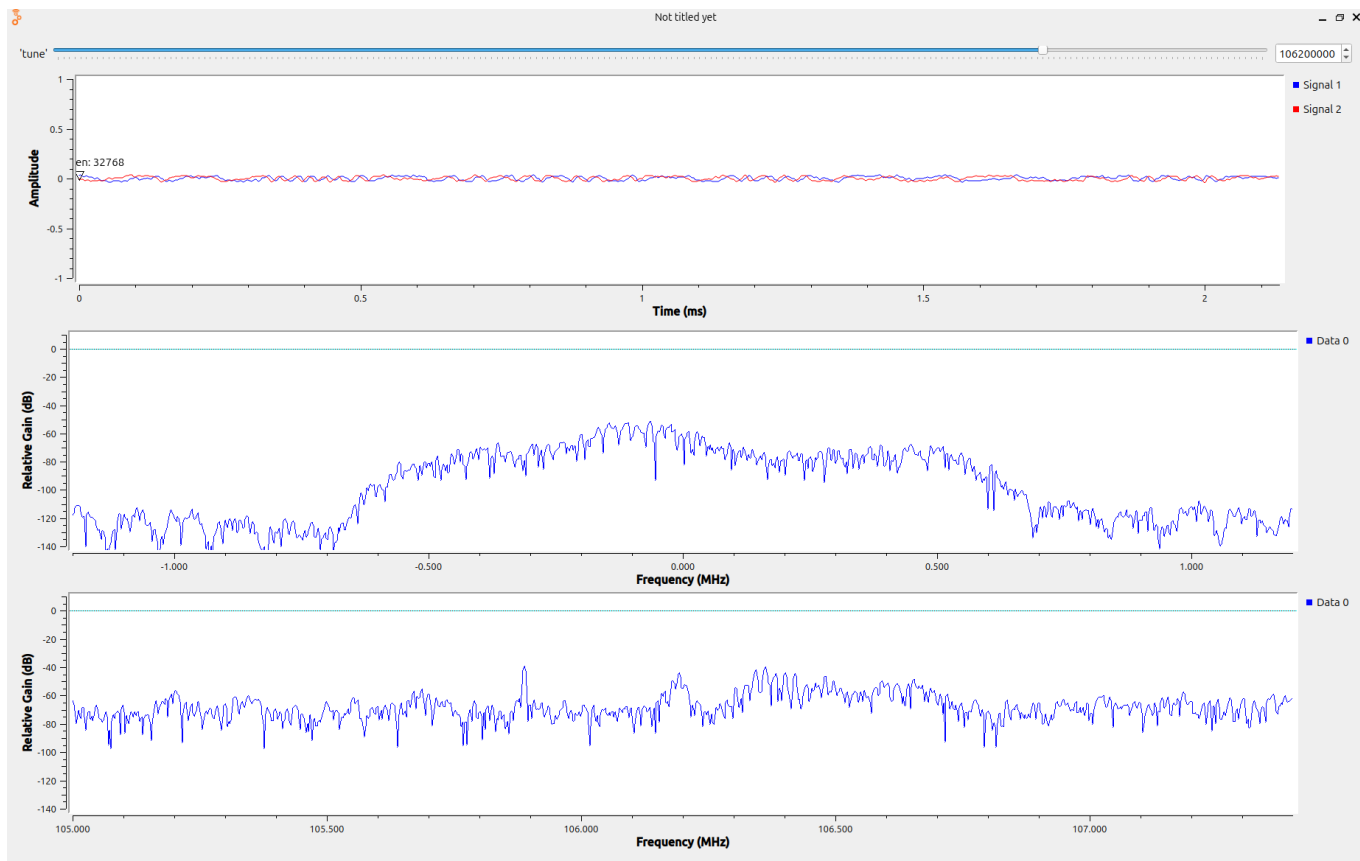


Рисунок 10 — Пример GUI FM-радио приёмника

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы была изучена архитектура программно-определяемого 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.