

**МИНИСТАРСТВО ОДБРАНЕ  
УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ  
ВОЈНА АКАДЕМИЈА**



**С Е М И Н А Р С К И   Р А Д  
РАДИО-РЕЛЕЈНА ТЕХНИКА**

**ТЕМА :    FM примопредајник реализован у СДР технологији  
применом софтверског пакета GNU Radio**

Кадет:  
Марко Марковић

Ментор:  
потпуковник, доцент  
др Јован Бајчетић, дипл. инж.

Београд, 2022. година

# САДРЖАЈ

<b>САДРЖАЈ.....</b>	<b>2</b>
<b>СПИСАК СКРАЋЕНИЦА.....</b>	<b>3</b>
<b>1. УВОД .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. СОФТВЕРСКИ ДЕФИНИСАН РАДИО .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. GNU RADIO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. ФРЕКВЕНЦИЈСКА МОДУЛАЦИЈА.....</b>	<b>4</b>
<b>2. ПРОЈЕКАТ.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. СТАНДАРДНИ БЛОКОВИ.....</b>	<b>5</b>
2.1.1. OPTIONS .....	6
2.1.2. VARIABLE .....	6
<b>2.2. СРЖНИ БЛОКОВИ .....</b>	<b>6</b>
2.2.1. WAV FILE SOURCE .....	6
2.2.2. WBFSM TRANSMIT .....	7
2.2.3. UHD: USRP SINK .....	8
2.2.4. UHD: USRP SOURCE.....	8
2.2.5. WBFSM RECEIVE .....	9
2.2.6. WAV FILE SINK .....	9
<b>2.3. БЛОКОВИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ .....</b>	<b>10</b>
2.3.1. STREAM DEMUX И MUX .....	10
2.3.2. MULTIPLY CONST .....	10
<b>3. РЕЗУЛТАТ.....</b>	<b>11</b>
<b>4. ЗАКЉУЧАК .....</b>	<b>12</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>13</b>

---

## Списак скраћеница

<b>IDE</b>	<i>Integrated Development Environment</i>	Интегрисано развојно окружење
<b>FM</b>	<i>Frequency Modulation</i>	Фреквенцијска модулација
<b>SDK</b>	<i>Software Development Kit</i>	Комплет за развој софтвера
<b>SDR</b>	<i>Software-Defined Radio</i>	Софтверски дефинисан радио
<b>WBFM</b>	<i>Wide Band Frequency Modulator</i>	Широкопојасни фреквенцијски модулатор
<b>USRP</b>	<i>Universal Software Radio Peripheral</i>	Универзални софтверски радио периферни уређај
<b>UHD</b>	<i>USRP Hardware Driver</i>	USRP хардверски драјвер

# 1. УВОД

Циљ овог семинарског рада је да се кроз реализацију једноставних склопова упознамо са новим технологијама радио преноса и једним од софтверских пакета који омогућава њихову имплементацију. Сам пројекат израђен је у СДР технологији на уређају *????????* у комплекту за развој софтвера GNU Radio.

## 1.1. Софтверски дефинисан радио

СДР је радио комуникациони систем чије су компоненте претежно реализоване софтверски, применом *embedded* система или персоналних рачунара. То су системи који имају широк дијапазон могућности јер нису хардверски ограничени као конвенционални системи. Такође су предуслов за постојање технологија у повоју попут когнитивних радио система.

## 1.2. GNU Radio

GNU Radio је бесплатни *open-source* SDK који омогућава употребу СДР-а или симулира постојање СДР система. Као и сваки комплет за развој софтвера, у једном софтверском пакету садржи компајлер, *debugger*, IDE, а уз то дозвољава и графичко програмирање употребом блокова који су представа скрипти *python* програмског језика. Једна мана GNU Radio софтверског пакета јесте слаба документација. Аргументи блокова често су без адекватног описа, ако га уопште садрже. Са друге стране, корисник може да креира своје блокове и размењује их, најчешће преко *GitHub*-а што је велика предност *open-source* начина развоја и лиценцирања.

## 1.3. Фреквенцијска модулација

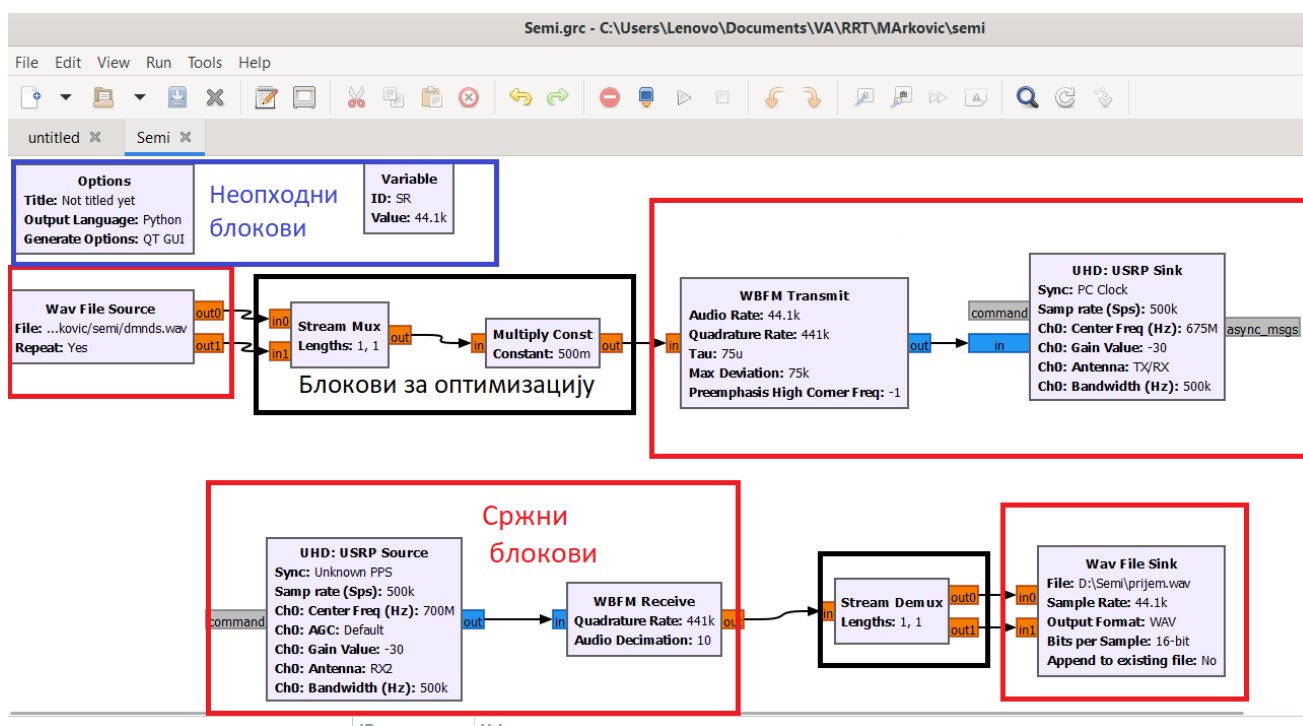
Фреквенцијска модулација је поступак којим се тренутна девијација учестаности периодичног сигнала (носилац) мења у функцији амплитуде модулишућег сигнала (сигнала поруке). Ову врсту модулације користе радио-дифузне станице у опсегу од 88 до 108 MHz, па се по њој тај опсег назива FM опсег. Отпорнија је на шум у односу на AM сигнал исте снаге, стога се користи за пренос музике. Ширина канала у FM радио преносу је обично 200 kHz, а максимална фреквенцијска девијација 75 kHz, што оставља заштитни интервал од 50 kHz. У овом раду примењена је стандардна ширина канала.

## 2. ПРОЈЕКАТ

Семинарски рад израђен је употребом блокова који се аутоматски отпремају инсталацијом пакета GNU Radio. Ове блокове можемо поделити на основу намене по следећем: 1) Стандардни блокови – неопходни су приликом сваког рада ;

2) Сржни блокови – специфични за одабрану тему и нужни за њену реализацију

3) Блокови за оптимизацију – омогућавају максимално веран пренос поруке



Слика 1. Изглед корисничког интерфејса и подела

### 2.1. Стандардни блокови

Постоје два блока који су подразумевани за сваки пројекат. То су блокови 'Options' и 'Variable'.

---

### 2.1.1. Options

У овом блоку се одређују посебни параметри симулације. Може постојати само један блок Options у симулацији. Неки од параметара су: Назив аутора, назив пројекта, ID пројекта, излазни програмски језик и врста интерфејса. У овом пројекту сви параметри сем назива су подразумевани.

### 2.1.2. Variable

Овај блок се користи за додељивање вредности глобалној променљивој. Може постојати више променљивих и за комплексније симулације то је и предложено. У нашем примеру користи се променљива SR као подразумевана учестаност одабирања и њена вредност је 44100 Hz због аудио датотеке која је послужила као извор информације.

## 2.2. Сржни блокови

Ови блокови чине језгро нашег пројекта. Већина обраде податаке се изводи у њима и без њих овај пројекат не би био адекватан одабраној теми. То су блокови: Wav File Source, WBFM Transmit, UHD: USRP Sink, UHD: USRP Source, WBFM Receive, Wav File Sink.

### 2.2.1. Wav File Source

У свим шемама телекомуникационих система увек је полазна тачка извор информације. У нашем пројекту ту функцију обавља овај блок. Одабрали смо звук као информацију и она је садржана у .wav датотеци. Овим блоком бирамо директорију датотеке који хоћемо да пренесемо, уз додатну могућност одабира броја канала који се користе за репродукцију и периодичног понављања података из датотеке. Променом броја канала може се извести моно, стерео или surround sound репродукција у зависности од особина изворне датотеке. За пренос смо узели исечак једне популарне песме и омогућили смо њен пријем у стерео облику уз периодично понављање.

### 2.2.2. WBFM Transmit

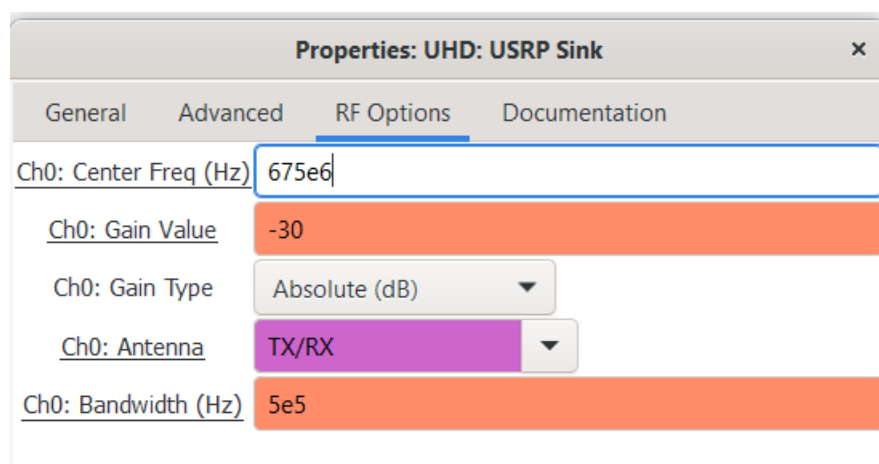
Да би се информација пренела ефикасније, потребно ју је модулацијом изразити у неком носиоцу. Овај блок врши широкопојасну фреквенцијску модулацију и кроз промену фреквенције носиоца у њега усађује информацију коју желимо да пренесемо. На особине овог блока утиче пет параметара, од којих су нама од интереса само два јер су остали подразумевани у овом пројекту. Параметаром Audio Rate се одређује брзина одабирања изворног сигнала. Потребно је ускладити овај параметар са учестаношћу одабирања примењеном у .wav датотеци. Следећи параметар од значаја је Quadrature Rate. Променом овог параметра мења се брзина излазног низа података, и он мора бити целобројни умножак вредности параметра Audio Rate. Овај блок има аутоматско филтрирање и веће вредности параметра Quadrature Rate доводе до изобличења сигнала због неусклађености ширине спектра. Са друге стране, када овај параметар има мале вредности, долази до губитка података из изворног низа због мале брзине излазног низа и опет се појављује дисторзија. Оптимална вредност параметра Quadrature rate је десет пута већа од вредности параметра Audio Rate.

Properties: WBFM Transmit		×
General	Advanced	Documentation
Audio Rate	SR	
Quadrature Rate	10*SR	
Tau	75e-6	
Max Deviation	75e3	
Preemphasis High Corner Freq	-1.0	

Слика 2. Параметри WBFM блока

### 2.2.3. UHD: USRP Sink

Ово је један од блокова који омогућава употребу хардвера и стварни пренос података. Без ових блокова GNU Radio би служио само за симулације. Sink варијанта UHD блокова користи се у случају предаје. Улазни низ података се софтверски обрађује и претвара у сигнал чије су карактеристике одређене претходним блоковима. Тај сигнал се шаље на антену где се претвара у електромагнетно зрачење. Ту се завршава улога Sink блока и наступа Source варијанта. Параметри значајни за овај рад су везани за конфигурацију преноса. Одабрана је централна фреквенција носиоца и њена вредност износи 675 MHz. Добитак на предајној износи -30 dB, а ширина канала износи 500 kHz. Поред ових параметара, од подразумеваних вредности се разликује и IP адреса самог уређаја, али нам она није од интереса јер је уникатна за овај рад. Такође је битно поменути и параметар Samp Rate, чија вредност не сме бити мања од највеће учестаности одабирања у пројекту.



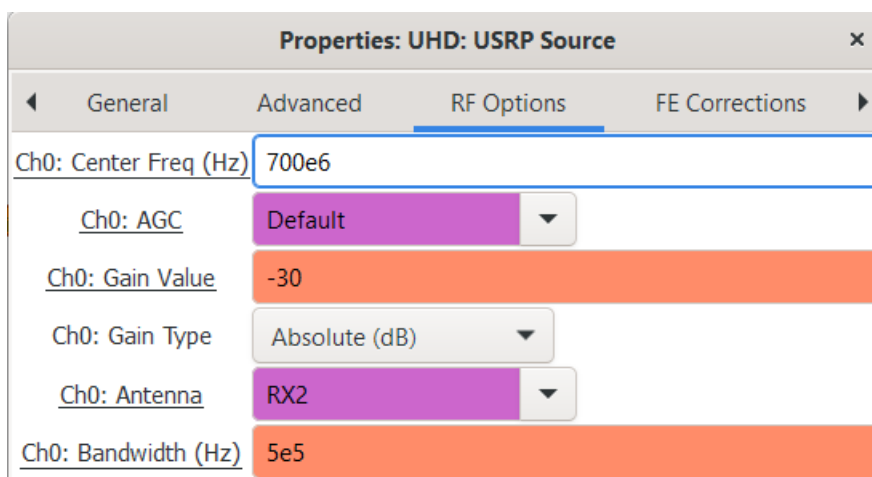
Слика 3. Параметри UHD: USRP Sink блока

### 2.2.4. UHD: USRP Source

Source блокови су обично извори информације. Специфичност овог извора је што у овом блоку информација потиче од антене, за разлику од других извора где је информација претходно сачувана у меморији уређаја. Овај блок омогућава уређају да примљено електромагнетно зрачење на антени претвори у низ података који се у наредним блоковима даље обрађују. Параметри овог блока идентични су параметрима претходног, с тим што је централна фреквенција у пријему 700 MHz због дуплексног преноса. Из истог разлога као антена на пријемној страни одабрана је антена RX 2. Такође



постоји додатни параметар код пријемне варијанте UHD блокова, а то је аутоматска регулација појачања. У нашем случају, вредност тог параметра је подразумевана.



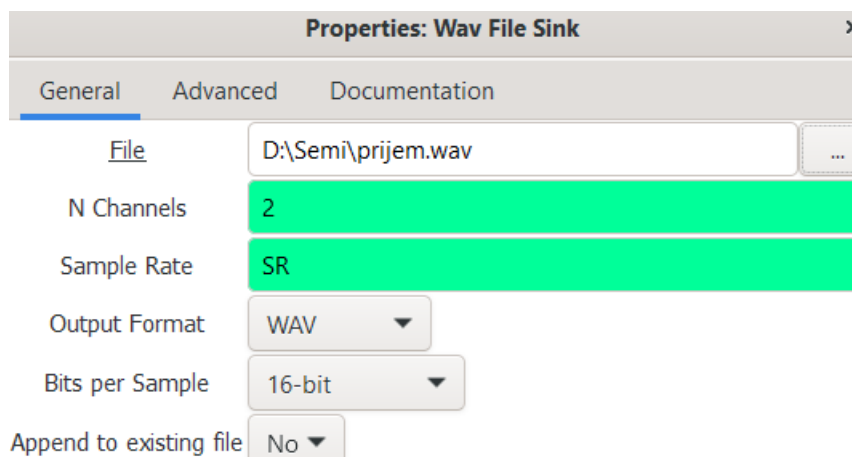
Слика 4. Параметри UHD: USRP Source блока

### 2.2.5. WBFM Receive

Овај блок служи као демодулатор и он из носиоца извлачи учешљану унформацију. Има два параметра. Један Quadrature Rate који би требао да се подудара са истим параметром у Transmit верзији овог блока. Други је Audio Decimation, служи за смањење броја одбирака у излазном низу. То је целобројна вредност која би требала да је једнака количнику параметара Quadrature Rate и Audio Rate у WBFM Transmit блоку зарад највернијег преноса. Променом овог параметра мења се величина излазног низа, што би након наредног блока утицало на величину пренесене датотеке.

### 2.2.6. Wav File Sink

Последњи сржни блок у овом пројекту претвара претходно обрађени низ података у .wav датотеку. Најпре је потребно одредити место складиштења примљене датотеке, што се изводи кроз File параметар. Вредност параметра N Channels мора бити иста као код Wav File Source блока. Исто се односи и за учестаност одабирања. Могуће је применити различите квалитете аудио записа преко параметра Bits per Sample. Последњи параметар, Append to existing file, у случају опције Yes сваки пут наставља примљени низ података на већ постојећи, односно продужава аудио запис. У другом случају, датотека се при почетку сваког пријема брише и чувају се подаци из последњег преноса.



Слика 5. Параметри Wav File Sink блока

## 2.3. Блокови за оптимизацију

Сврха ових блокова је да омогуће највернији пренос. Они утичу како на квалитет крајњег аудио записа, тако и на његову меморијску ефикасност.

### 2.3.1. Stream Demux и Mux

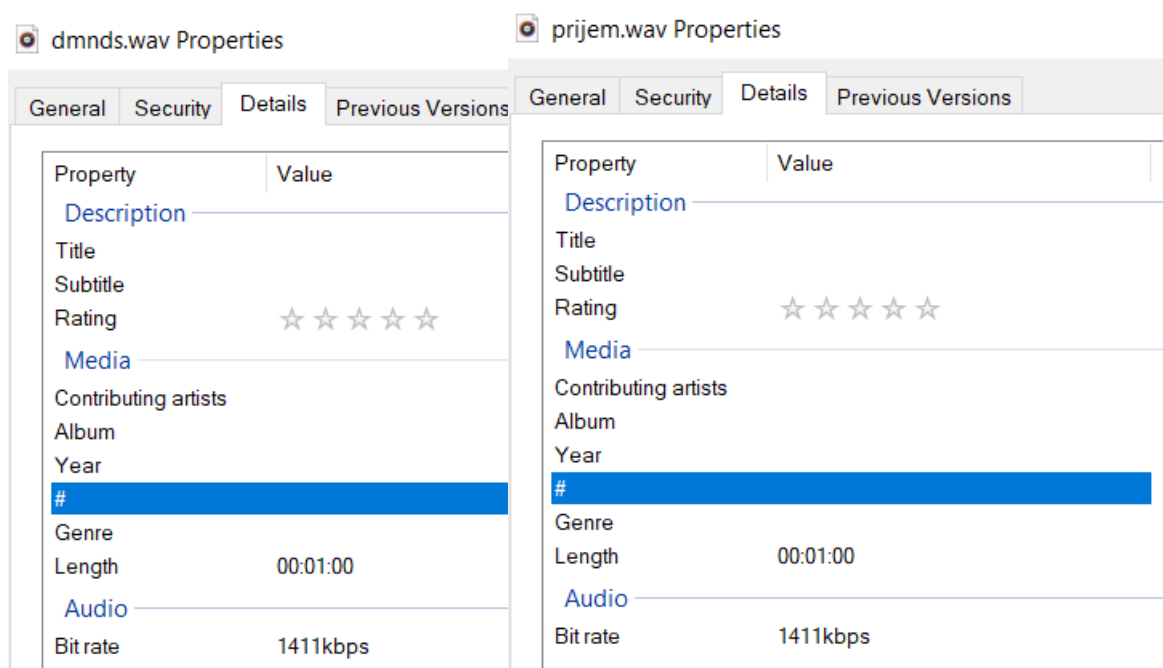
Употребом ова два блока изворни низ података, који се састојао од два низа, један за леви а један за десни звучник, спојен је пре обраде и поново подељен пре чувања. Тако се сачувала верност у стерео особини изворног аудио записа. Променом параметара овог блока могуће је манипулисати са више низова, и то различитих удела у коначном низу.

### 2.3.2. Multiply Const

Овим блоком врши се регулација јачине звука аудио записа који се преноси. Одабрана је вредност 0.5 јер у случају веће вредности, одређене фреквенције уђу у засићење и долази до ефекта „пробијања“ звучника, а при мањим вредностима нижи тонови репродукованог аудио записа се слабо чују.

### 3. РЕЗУЛТАТ

Уз мало математике лако можемо проверити меморијску веродостојност овог пројекта. Наиме, одабрана је учестаност одабирања од 44100, што одговара учестаности одабирања самог аудио записа. Изворни низ се састоји од два низа те учестаности одабирања. Та два низа се спајају у један, који је после „убрзан“ десет пута у WBFM Transmit блоку. Након пријема, низ података наилази на WBFM Receive блок где се од улазног низа само сваки десети члан прослеђује у излазни низ. Тај низ се после дели на два дела, и чува са по шеснаест бита по одбирку. Добијени Audio Rate износи  $2 \cdot 16 \cdot 44100$  односно 1411 kbps, што је идентична вредност Audio Rate-у изворне датотеке. Слушањем оба аудио записа може се потврдити закључак да је остварен прилично квалитетан и веран пренос.



Слика 6. Особине послате и примљене датотеке

## **4. ЗАКЉУЧАК**

Употребом комплета за развој софтвера GNU Radio остварили смо пренос на једноставан начин. За ову врсту преноса раније би било неопходно много веће искуство у раду са радио уређајима, и познавање већег броја система. Сврха ове теме била је да се кроз једноставан систем покажу предности СДР технологије у односу на класичне системе преноса. Појавом СДР технологије радио пренос постаје приступачнији. Главна особина ових система је њихова универзалност. У овом комплету за развој софтвера могуће је реализовати мноштво система преноса, употребом једног хардвера. Измештање обраде сигнала са хардвера на софтвер такође омогућава и велик степен контроле, што је предуслов за неке технологије у повоју попут когнитивног радио преноса. Очигледно је да ће се тренд развоја СДР-а наставити.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бранислав Тодоровић, „Радио-релејна техника“, Војноиздавачки завод, Београд
2. Бранислав Тодоровић, „Основи телекомуникација“, Академска мисао, Београд
3. Група аутора, „Увод у дигиталне телекомуникације“, Академска мисао, Београд
4. <https://wiki.gnuradio.org/>