

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации (РЗИ)

# **Изучение цифрового частотного детектора**

Руководство к лабораторной работе по дисциплине  
«Устройства приема и обработки сигналов»

Разработчик:  
проф. каф. РЗИ, д.т.н.  
\_\_\_\_\_ Э.В. Семенов

# Содержание

1. Цель работы	3
2. Требования к аппаратному обеспечению	3
3. Необходимые теоретические сведения	3
4. Последовательность выполнения работы	3
5. Оформление отчета	4

# 1. Цель работы

Целью лабораторной работы является изучение функционирования цифрового частотного детектора на примере демодуляции сигнала радиовещательной станции в УКВ или FM-диапазоне.

## 2. Требования к аппаратному обеспечению

Для выполнения лабораторной работы необходим трансивер National Instruments USRP серии 29XX. Трансивер должен быть подключен к компьютеру со звуковой подсистемой.

## 3. Необходимые теоретические сведения

Частота есть производная фазы сигнала по времени:

$$\omega = d\{\arg[x(t)]\}/dt. \quad (1)$$

Непосредственно использовать эту формулу не следует, поскольку функция  $\arg(\cdot)$  имеет разрывный характер и ее корректное численное дифференцирование не везде возможно.

Однако если выполнить дифференцирование в (1) в общем виде, то получим:

$$\omega = \{\operatorname{Re}[x(t)]\operatorname{Im}'[x(t)] - \operatorname{Im}[x(t)]\operatorname{Re}'[x(t)]\}/\{\operatorname{Re}^2[x(t)] + \operatorname{Im}^2[x(t)]\}.$$

Применительно к дискретным сигналам данная формула приобретает вид:

$$\omega_i = \{\operatorname{Re}[x_i]\operatorname{Im}[x_{i-1}] - \operatorname{Im}[x_i]\operatorname{Re}[x_{i-1}]\}/\{\operatorname{Re}^2[x_i] + \operatorname{Im}^2[x_i]\}. \quad (2)$$

## 3. Последовательность выполнения работы

1. Подключите и настройте USRP.
  - Подключите ко входу приемника USRP антенну.
  - Настройте USRP трансивер таким же образом, как в лабораторной работе по изучению USRP.
  - Запустите LabVIEW-файл, созданный в лабораторной работе по изучению USRP для управления приемником.
2. Настройтесь на наиболее мощную радиостанцию и зарегистрируйте ее спектр.
  - Выполните обзор FM-диапазона 100...108 МГц. Для этого установите значение частоты гетеродина приемника (carrier frequency) 104 МГц и частоту дискретизации АЦП (IQ sampling rate) 8 МГц.
  - По спектру сигнала определите частоту наиболее мощной радиостанции.
  - Установите частоту гетеродина приемника равной частоте выбранной радиостанции, а частоту дискретизации АЦП установите 196 кГц.
  - Зарегистрируйте спектр сигнала радиостанции и график разместите в отчете.
3. Отфильтруйте принимаемый сигнал.
  - Расщепите комплексный выходной сигнал блока «niUSRP Fetch RX Data» на вещественную и мнимую составляющую используя меню Programming/Numeric/Complex.

- Каждую из составляющих пропустите через элемент «Filter» из меню Signal Processing/Waveform Conditioning.
  - Двойным щелчком левой клавиши мыши войдите в меню настройки элемента «Filter» и для каждого из фильтров установите частоту среза 65 кГц.
  - Для одной из отфильтрованных составляющих постройте график спектра при помощи элемента FFT Power Spectrum. График приведите в отчете.
  - Выбирайте несколько видов фильтров разного порядка. Оцените их влияние на спектр сигнала радиостанции. Графики приведите в отчете.
4. Выполните частотное детектирование.
- Извлеките из выходного сигнала каждого фильтра числовые вектора данных при помощи элемента Programming/Waveform/Get Waveform Components. Извлеките также параметры dt и t0, которые будут использованы в дальнейшем.
  - Выполните преобразования, предписанные формулой (2), понимая под  $\text{Re}[x]$  и  $\text{Im}[x]$  выходные сигналы фильтров. Для этого используйте цикл типа For, а для доступа к предыдущим элементам массива – сдвиговые регистры.
  - Упакуйте полученный вектор в сигнал типа Waveform при помощи элемента Programming/Waveform/Build Waveform, добавив к вектору ранее полученные параметры dt и t0.
  - Постройте график протектированного сигнала и приведите его в отчете.
5. Выведите протектированный сигнал на звуковую карту.
- Последовательно соедините элементы Sound Output Configure, Sound Output Write и Sound Output Start из меню Graphics & Sound/Sound/Output.
  - Для элемента Sound Output Configure установите частоту дискретизации 196 кГц, два канала и разрядность 16 бит.
  - На вход элемента Sound Output Write подайте протектированный сигнал.
  - Запустите программу.

## 4. Оформление отчета

Отчет должен содержать следующее.

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Предписанные графики с пояснениями.
4. Анализ результатов и выводы.