

Проект TOP – 1201

Векторный анализатор спектра с параллельным анализом

Руководитель проекта: Гельцер А.А. старший преподаватель каф. TOP

Участники проектной группы: Ильченко С.Н. гр.169, Плучевский А.В. гр. 109

Цель данного проекта: Создание векторного анализатора спектра.

Векторные анализаторы сигналов создаются для исследований радиосигналов сложной формы, например, сигналов с цифровой квадратурной модуляцией, а также высокочастотных импульсных и нестационарных процессов. Параметры таких колебаний трудно, если вообще возможно оценить с помощью обычных приборов. Чтобы получить исчерпывающие сведения о модуляции и характеристиках сигнала во временной и частотной области, необходимо исследовать двухкомпонентный (векторный) процесс, отражающий изменения во времени амплитуды и фазы исходного сигнала. Средства цифровой обработки современных векторных анализаторов позволяют регистрировать подобные процессы и выделять всю информацию о параметрах принимаемого сигнала. Эти возможности заслуживают внимания специалистов по радиоконтролю с учетом проблем, которые возникают при анализе сигналов современных систем с временным и кодовым разделением каналов, псевдослучайной перестройкой частоты и цифровой модуляцией. Пример такого прибора приведен на рис.1.



Рис.1 – Пример векторного анализатора спектра фирмы Tektronix

Актуальность работы

1. Такие приборы отсутствуют на российском рынке, а цена анализаторов от зарубежных производителей составляет порядка 1,5 - 5 млн. рублей. ЗАО «НПФ «Микран» – один из лидеров среди российских компаний по производству измерительной аппаратуры, имеет только скалярный анализатор спектра. Данная работа ведется на кафедре TOP в сотрудничестве с «Департаментом Информационно-Измерительных Систем» (ДИИС) компании «Микран» и является одним из приоритетных направлений этого департамента. Как показали маркетинговые исследования, проведенные в ДИИС, на российском рынке имеется большая потребность в таких приборах по меньшей цене, чем у зарубежных компаний.

2. Возможности векторного анализатора спектра намного превышают возможности скалярного, так как применяются при спектральном анализе сигналов с фазовой, кодоимпульсной и цифровой модуляцией, в частности анализ сигналов:

- Wi-Fi
- Wi-MAX

- LTE
- GSM
- GPS
- ГЛОННАС и многих др.

3. Векторные анализаторы спектра необходимы для разработки как гражданской, так и военной высокотехнологичной продукции.

Планируемые результаты работы

В рамках выполнения первого этапа мы ставим цель создания цифрового тракта анализатора спектра и создание рабочего макета векторного анализатора спектра.

Функциональные возможности данного макета:

- регистрация сигнала на ПЧ;
- цифровая фильтрация для подавления побочных спектральных компонентов и получения качественных оценок спектра;
- децимация сигнала;
- прохождение сигнала через блок быстрого преобразования Фурье и взвешивающих окон;
- выделение оценок квадратурных составляющих в широкой полосе;
- вывод оценок в ЭВМ, их отображение и анализ.

Архитектура системы ЦОС

Рассмотрим структурную схему цифровой обработки сигнала (ЦОС). Упрощенная схема системы ЦОС изображена на рис.2.



Рис. 2 – Структурная схема системы ЦОС

Задача блоков №1 и 2 (предварительной фильтрации и децимации), заключается в понижении частоты дискретизации до значений, при которых будет возможно производить фильтрацию селективными фильтрами. Структурная схема блока изображена на рис. 3. Функции, выполняемые блоком:

- 1) Предварительная фильтрация полосовым фильтром для удаления внеполосных составляющих.
- 2) Перенос сигнала на нулевую центральную частоту и разбиение на квадратуры.
- 3) Фильтрация с помощью фильтра нижних частот зеркальных и побочных составляющих спектра, появившихся в результате переноса и ослабление внеполосных составляющих до уровня, необходимого для проведения децимации.
- 4) Децимация в M_1 раз.
- 5) Фильтрация с помощью ФНЧ на пониженной частоте дискретизации для проведения следующего этапа децимации (чтобы избежать наложения спектров децимируемого сигнала).
- 6) Децимация в M_2 раз.

Количество каскадов децимации задано приблизительно, точное количество может варьироваться в процессе проектирования ФНЧ, так как именно их характеристики определяют максимальный коэффициент децимации.

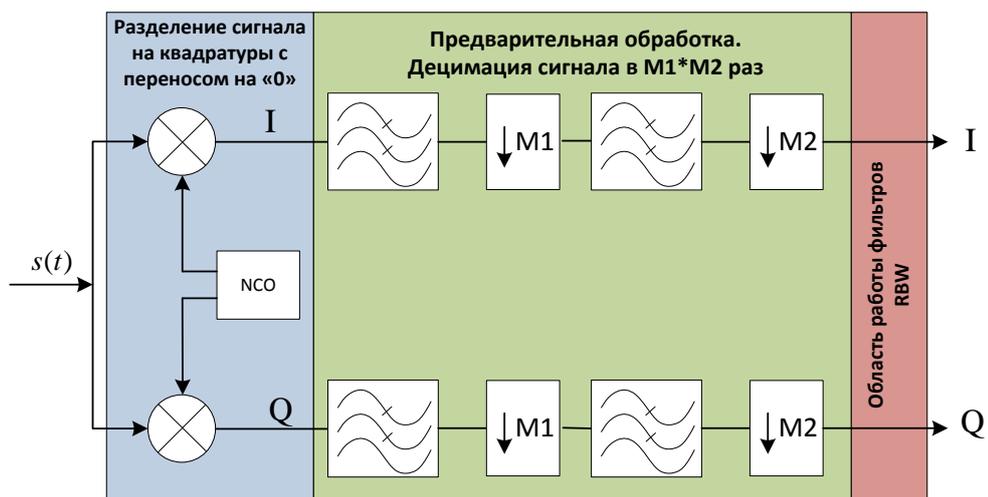


Рис. 3 – Структурная схема блока предварительной фильтрации и децимации

На выходе блока – квадратурные составляющие I/Q, которые теперь могут быть пропущены через нужный фильтр.

Блок №3 (формирование селективных фильтров)

Данный блок осуществляет формирование фильтра с требуемой АЧХ. Его структурная схема приведена на рис.4 .

На первом этапе сигналы квадратур умножаются на весовую функцию, назначение которой – устранить разрывы фазы на концах окна наблюдения и сформировать АЧХ каналов ДПФ.

Взвешенный сигнал подается на блок, осуществляющий быстрое преобразование Фурье (FFT). Полученный спектр сигнала умножается на коэффициенты АЧХ синтезируемого селективного фильтра(в англоязычной литературе – RBW) . Это эквивалентно пропусканию сигнала через фильтр с нужной АЧХ.

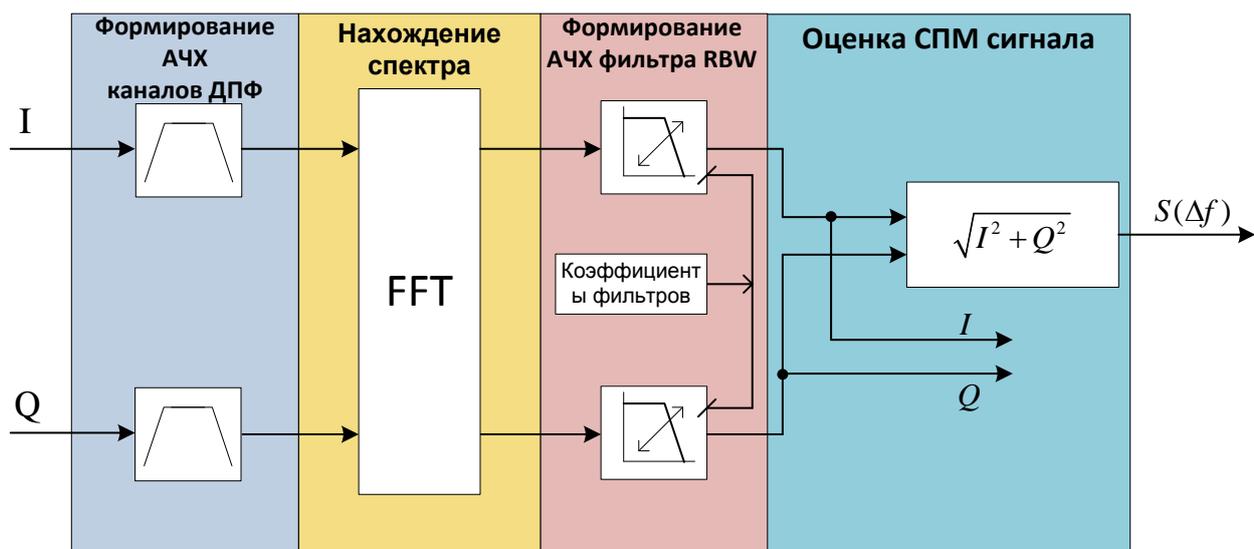


Рис. 4 – Структурная схема формирователя фильтров RBW

Создание макета векторного анализатора спектра

Для создания и отладки алгоритмов работы системы ЦОС нами создан макет векторного анализатора спектра, включающий в себя цифровой тракт обработки сигналов.

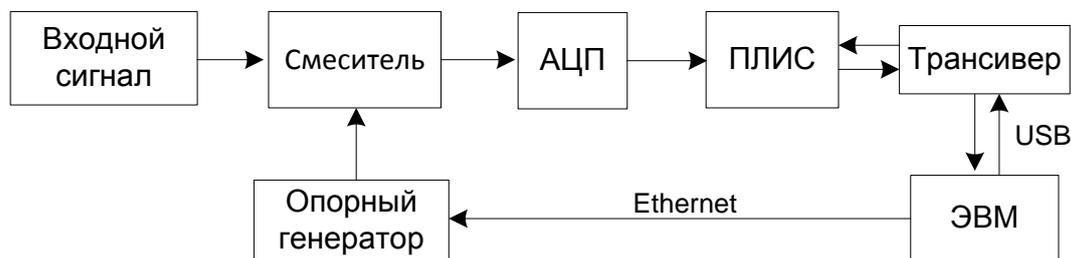


Рис. 5 – Структурная схема макета векторного анализатора спектра

На рис. 6 представлена фотография макета векторного анализатора спектра, с которым ведется работа.

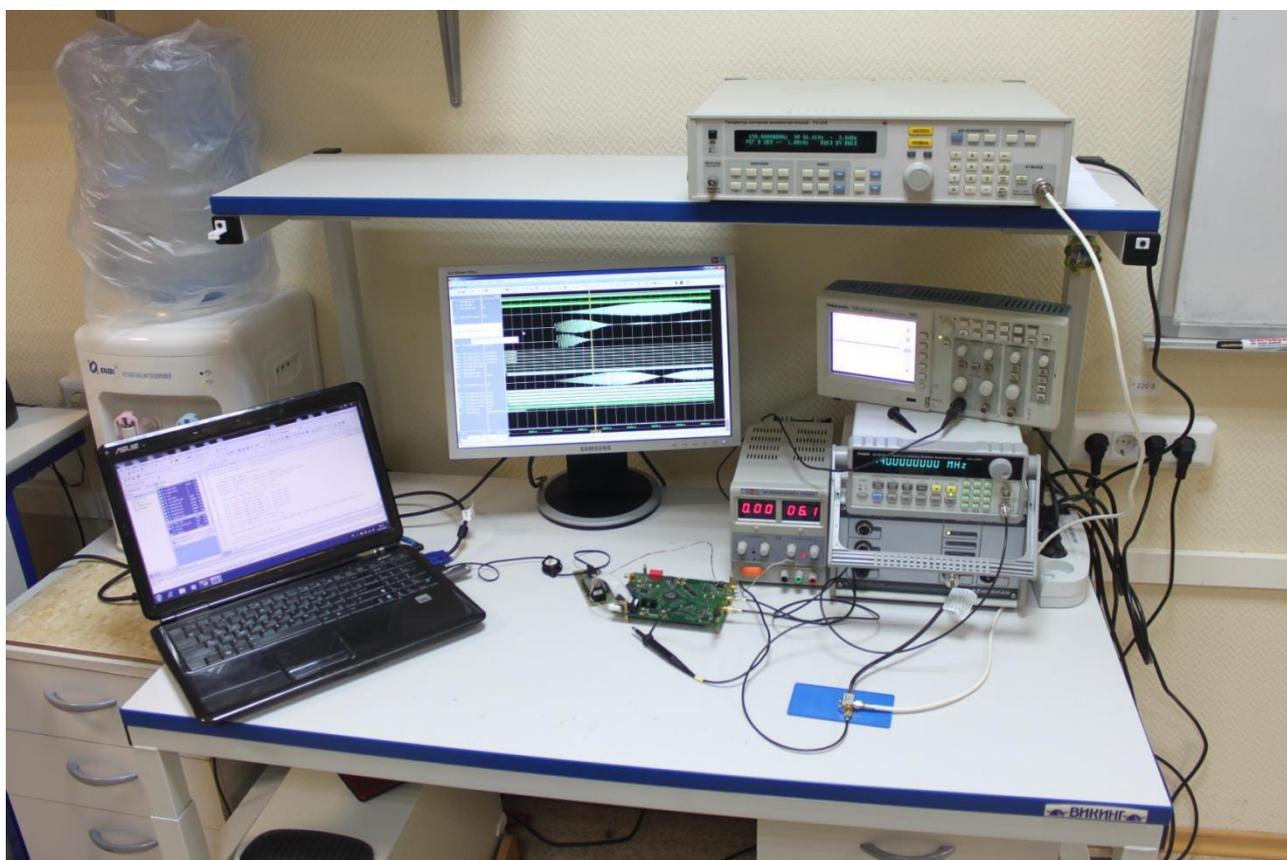


Рис.6 – Фотография макета векторного анализатора спектра

Для сканирования частотного диапазона на вход векторного анализатора включается понижающий преобразователь частоты, который переносит спектр входного радиосигнала на фиксированную промежуточную частоту. В качестве такого преобразователя используем схему на базе смесителя и перестраиваемого гетеродина, управляемого ЭВМ. Данные полученные с АЦП поступают на ПЛИС, где и происходит цифровая обработка сигналов. Результаты обработки по шине USB передаются в ЭВМ.

На данном этапе созданы программные модули в среде автоматизированного проектирования Quartus 2, реализующие алгоритмы ЦОС в соответствии с функциональными требованиями векторного анализатора спектра: регистрация данных

АЦП, выделение квадратурных составляющих, цифровая фильтрация и децимация сигналов, передача данных в ЭВМ по шине USB. Ведется работа над блоками ЦОС входящими в состав схемы на рис.4.

Заключение

Векторный анализ представляет собой мощный инструмент исследования и измерения характеристик радиосигналов во всем используемом диапазоне частот от нескольких кГц до десятков и сотен ГГц. Векторные анализаторы широко применяются при проектировании и испытаниях современной радиотехнической аппаратуры. Применение векторных анализаторов позволяет, в частности, решить проблемы обнаружения и анализа сигналов современных цифровых сетей связи, использующих временное и кодовое разделение каналов, псевдослучайную перестройку частоты, многопозиционную амплитудно-фазовую модуляцию и другие перспективные методы передачи информации.