

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.621.5

Леонович
Анатолий Витальевич

Частотная синхронизация цифрового радиоприемного тракта

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель
Гарченко Надежда Владимировна
кандидат технических наук, доцент

Минск 2019

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития радиоэлектроники требует создания все более совершенных радиоприемных устройств (РПУ), с характеристиками, удовлетворяющими специфическим требованиям, в зависимости от того, для чего они предназначены. Область применения РПУ крайне обширна, они используются в радиоизмерительной аппаратуре, радиолокационных и радионавигационных системах, частной мобильной связи, телевизионной аппаратуре, а также в устройствах и системах предназначенных для решения задач радиомониторинга.

Последние десятилетия активно развивается цифровая обработка сигналов (ЦОС), на рынке представлено большое количество микросхем. Интенсивное внедрение ЦОС в технику радиоприема объясняется, с одной стороны, сложностью или невозможностью решения ряда практических задач с помощью аналоговой обработки, а с другой – прогрессом дискретной микроэлектроники и расширением функциональных возможностей цифровой вычислительной техники. Анализ развития РПУ, теории и техники передачи и приема сигналов позволяет обнаружить ряд проблем, эффективное решение которых обеспечивается переходом к ЦОС.

Разнообразие условий связи и задач, решаемых связной аппаратурой, обусловили непрерывное увеличение числа используемых сигналов и методов демодуляции. При аналоговой обработке это приводит к необходимости создания различных по структуре модемов, удельный вес которых в общих затратах на аппаратуру связи постоянно растет. Внедрение ЦОС позволяет реализовать универсальные модемы, в которых изменением программы можно быстро перейти на новый вид сигнала и метод демодуляции. В результате снижаются объем и стоимость аппаратуры, замедляется ее моральное старение.

Стоит также отметить, что использование ЦОС позволяет реализовать узлы и блоки радиоприемника с характеристиками, недоступными или труднодоступными в аналоговой аппаратуре. Кроме того, проектирование цифровых устройств и систем легче, чем аналоговых, поддается автоматизации, а их моделирование с помощью электронно-вычислительных машин позволяет достичь полного совпадения характеристик модели и объекта моделирования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью данной работы является разработка алгоритмов частотной синхронизации.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- разработка структурных схем и алгоритмов частотной синхронизации радиоприемных трактов с многочастотными OFDM сигналами;
- разработка модулей алгоритмов и реализация их в среде Matlab;
- реализация алгоритмов частотной синхронизации для радиоприемных трактов и реализация их на ПЛИС.

В работе проведен анализ методов и алгоритмов обеспечения частотной синхронизации, разработаны структурные схемы радиопередающего и радиоприемного трактов. Был смоделирован алгоритм частотной синхронизации в среде Matlab/Simulink, а также последующая реализация алгоритма на ПЛИС в среде Quartus.

Материалы исследования были представлены на 55-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР в виде доклада на тему «Построение приемного тракта с многопозиционной QAM на ПЛИС ALTERA», а также опубликованы следующие статьи в материалах конференций:

1 «Общие проблемы построения широкополосных цифровых радиоприемных трактов» в сборнике материалов XXII Международной научно-технической конференции в Белорусской государственной академии связи, 2017 г.;

2 «Построение приемного тракта с многопозиционной QAM на ПЛИС «ALTERA» в сборнике тезисов докладов на 55-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2019 г.

Диссертация выполнена самостоятельно, проверена на плагиат. Оригинальность работы составляет 68,58%. Все заимствованные материалы имеют ссылки на литературные источники.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Анализ ФАПЧ применяется к простому случаю отслеживания фазы и частоты простой синусоиды. Таким образом, несущая фазовой синхронизации PLL должна удалять фазовые сдвиги из-за данных и отслеживать оставшуюся фазу. Эта задача может быть решена путем правильной конструкции фазового детектора.

Существует два подхода, включающих оценки фазы θ несущей в обработку. Первый подход регулирует фазу квадратурных синусоид,

используемых для перевода принятых выборок из полосы пропускания в полосу I/Q. Второй подход отличается от первого тем, что он использует квадратурные синусоиды с фиксированной частотой и фазой для выполнения трансляции от полосы пропускания к основной полосе I/Q.

В первом разделе были рассмотрены основные методы частотной синхронизации. Было выяснено, что алгоритмы фильтрации можно разделить на алгоритмы с использованием (значения символов известны) и без использования данных (значения символов не известны).

Во втором разделе были разработаны структурные схемы радиоприемного и радиопередающего трактов, изображенные на рисунках 1–2.

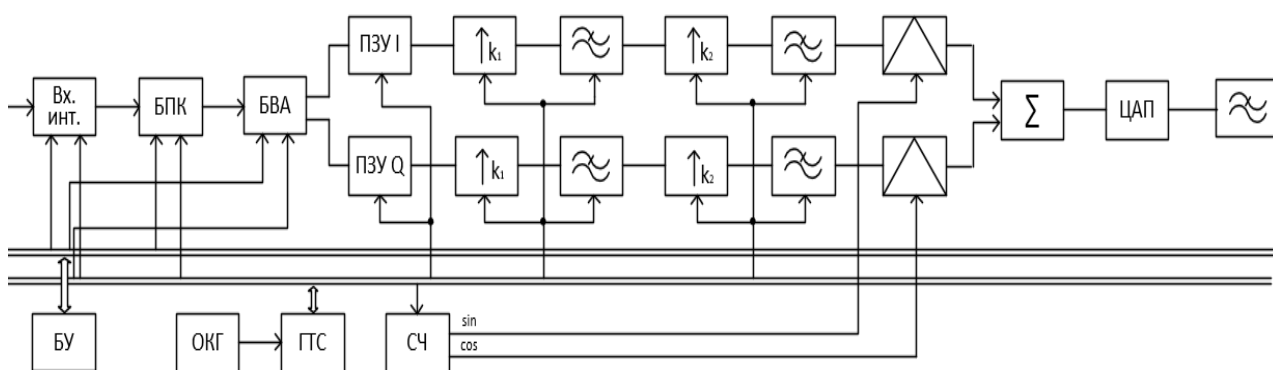


Рисунок 1 – Структурная схема радиопередающего тракта

В качестве элемента частотной синхронизации использована так называемая схема Костаса. На вход схемы Костаса поступает фазомодулированный сигнал. С выхода ГУН на высокочастотные перемножители поступают опорные сигналы, сдвинутые относительно друг друга на 90 градусов.

Задача цифровой петли ФАПЧ, в отличие от аналоговой, состоит в восстановлении только временных соотношении сигналов, без учета информации об их величине. Для цифровых систем ФАПЧ представляют интерес только временные параметры внешнего сигнала.

Разработанные в данном разделе структурные схемы позволяют смоделировать алгоритм частотной синхронизации в среде Matlab/Simulink.

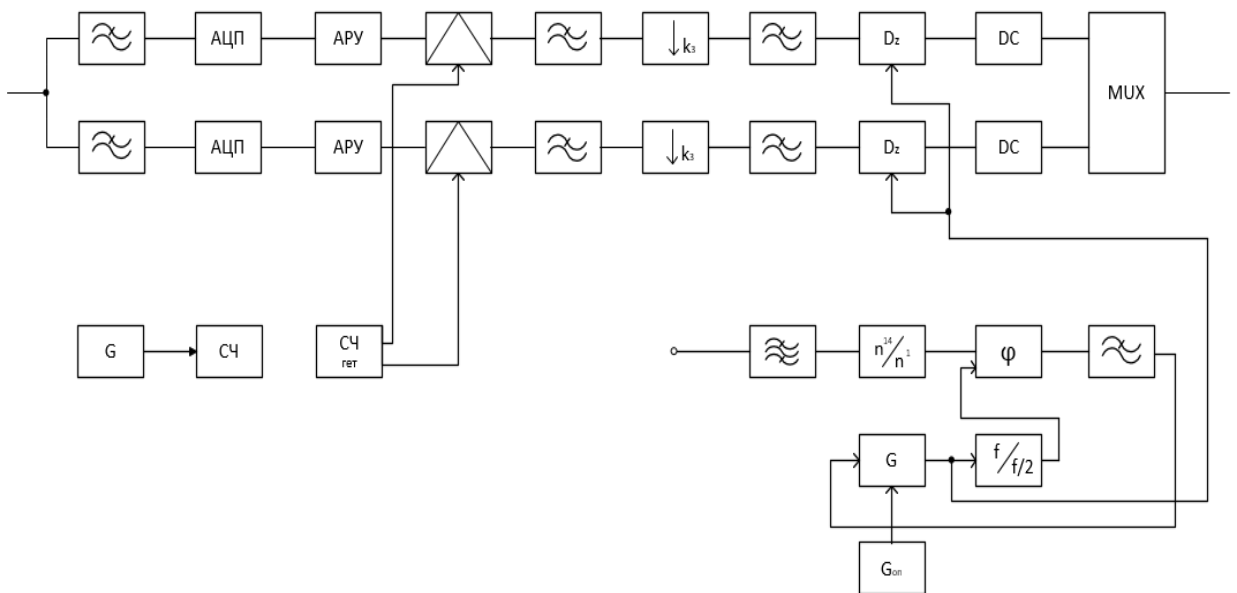


Рисунок 2 – Структурная схема радиоприемного тракта

В третьем разделе был смоделирован алгоритм частотной синхронизации в среде Matlab/Simulink. Были выбрана модель сигнала I и Q, которая подвергалась фильтрации и интерполяции. Затем их необходимо промодулировать несущей и просуммировать друг с другом. Далее промодулируем входящий сигнал сигналом гетеродина и его копией, сдвинутой на 90° , децимируем данные сигналы.

Далее исходя из выше сказанного, синтезируем цифровую схему (см. рисунок 3) приемного тракта в среде Simulink.

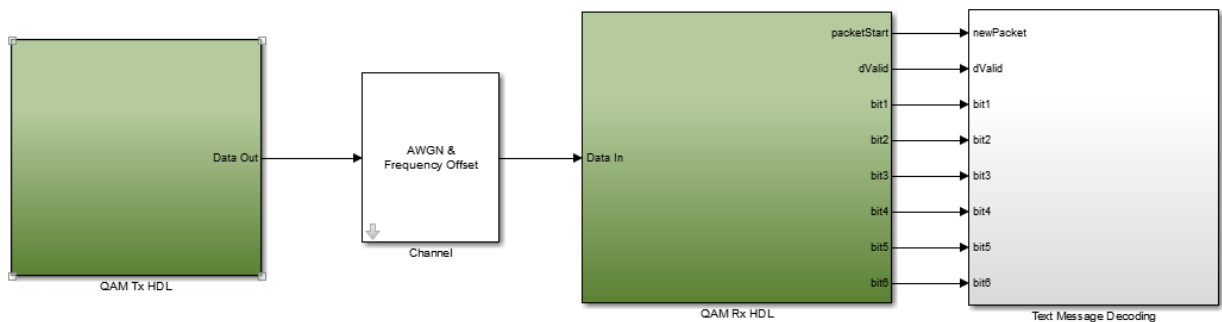


Рисунок 3 – Структурная схема QAM приемопередатчика

В четвертом разделе была произведена реализация и моделирование алгоритмов частотной синхронизации радиоприемного тракта в среде Quartus. Результаты изображены на рисунках 4 – 6.

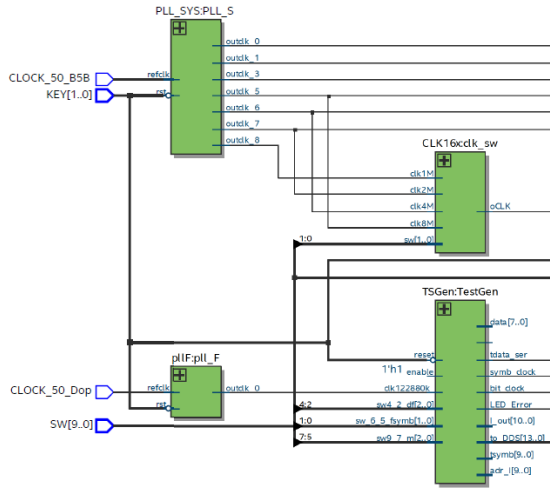


Рисунок 4 – Обобщенная схема формирования тактовых сигналов

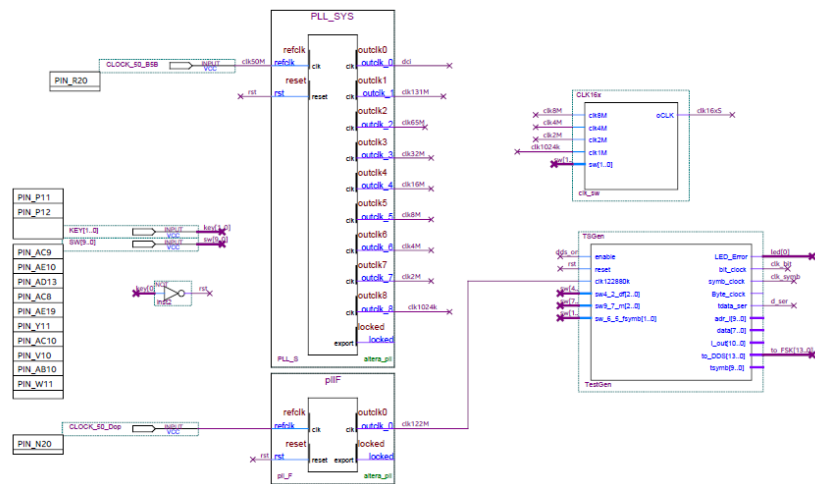


Рисунок 5 – Подробная схема формирования тактовых сигналов

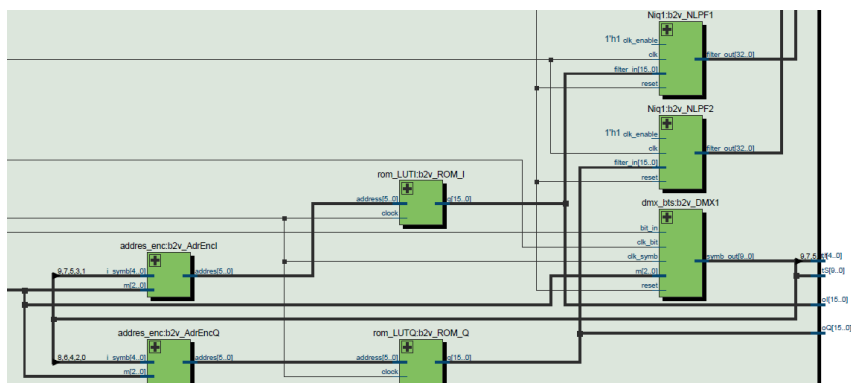


Рисунок 6 – Структурная схема QAM модулятора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы была изучена и исследована квадратурная амплитудная модуляция и различные ее виды, вероятности ошибки на бит для различных видов QAM-модуляций. Исследованы способы модуляции и демодуляции QAM-сигнала с аналоговой и цифровой обработкой сигнала. Изучена проблема межсимвольной интерференции и способ ее устранения при помощи фильтра с характеристикой приподнятый косинус, также рассмотрена фазовая синхронизация, и способы ее реализации.

Итогом данной работы стала реализованная программная модель цифрового модема с квадратурной амплитудной модуляцией в среде Simulink. Моделирование данной схемы показало, что модуляция и демодуляция сигнала происходят корректно, выполняется фазовая синхронизация. В результате тестирования выявлено, что формирующий фильтр минимизирует величину межсимвольной интерференции и увеличивает спектральную эффективность, это соответствует теоретическим выкладкам. Также для блока фазовой синхронизации рассмотрены различные режимы работы и способ повышения быстродействия системы - при помощи повышения значения нормированной полосы пропускания.

Полученные данные были успешно перенесены на платформу QUARTUS, которая позволила произвести все необходимые алгоритмы частотной синхронизации цифрового радиоприемного тракта.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1–А Хоминич А.Л., Леонович А.В., Ворона В.П. Общие проблемы построения широкополосных цифровых радиоприемных трактов – Радиосвязь, радиовещание и телевидение: материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2017 – с. 111.

2–А Тарченко Н.В., Леонович А.В., Ворона В.П. Построение приемного тракта с многопозиционной QAM на ПЛИС «ALTERA» – Инфокоммуникации: 55-я юбилейная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, Беларусь: тезисы докладов. – Минск. – 2019 – с. 73.