

Разработка адаптивной системы компенсации помех радиоканала передачи диагностической информации

Студент: Макеев В.С.

Руководитель: кандидат технических наук Власов А.И.

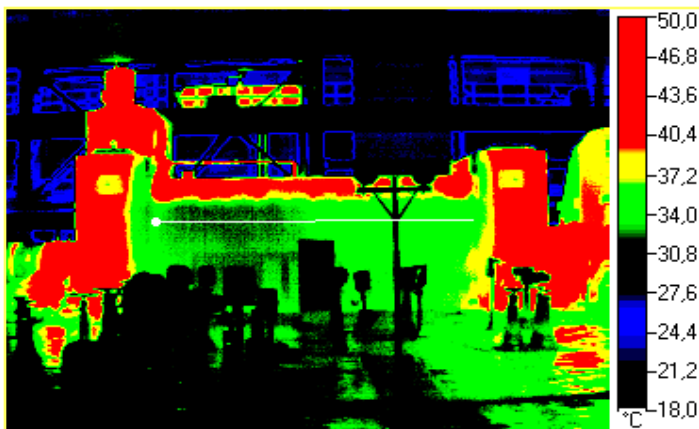


Контролируемые параметры состояния отдельных элементов конструкций и узлов турбогенератора ТВВ-500



Типовые контролируемые параметры:

1. Заданное давление масла и необходимый перепад между давлением водорода и давлением уплотняющего масла контролируется специализированными датчиками давления.
2. Тепловой контроль работы турбогенератора производится термодатчиками, установленными в местах повышенного тепловыделения.
3. Работа ротора контролируется изменениями показаний датчиков радиальных вибраций подшипников.



Термограмма боковой поверхности – ухудшенная работа системы охлаждения, повышенный уровень тепловыделения стали

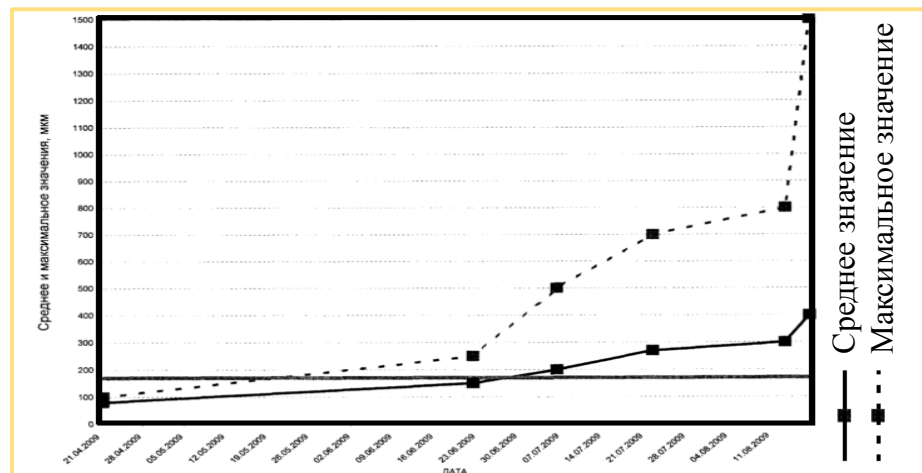


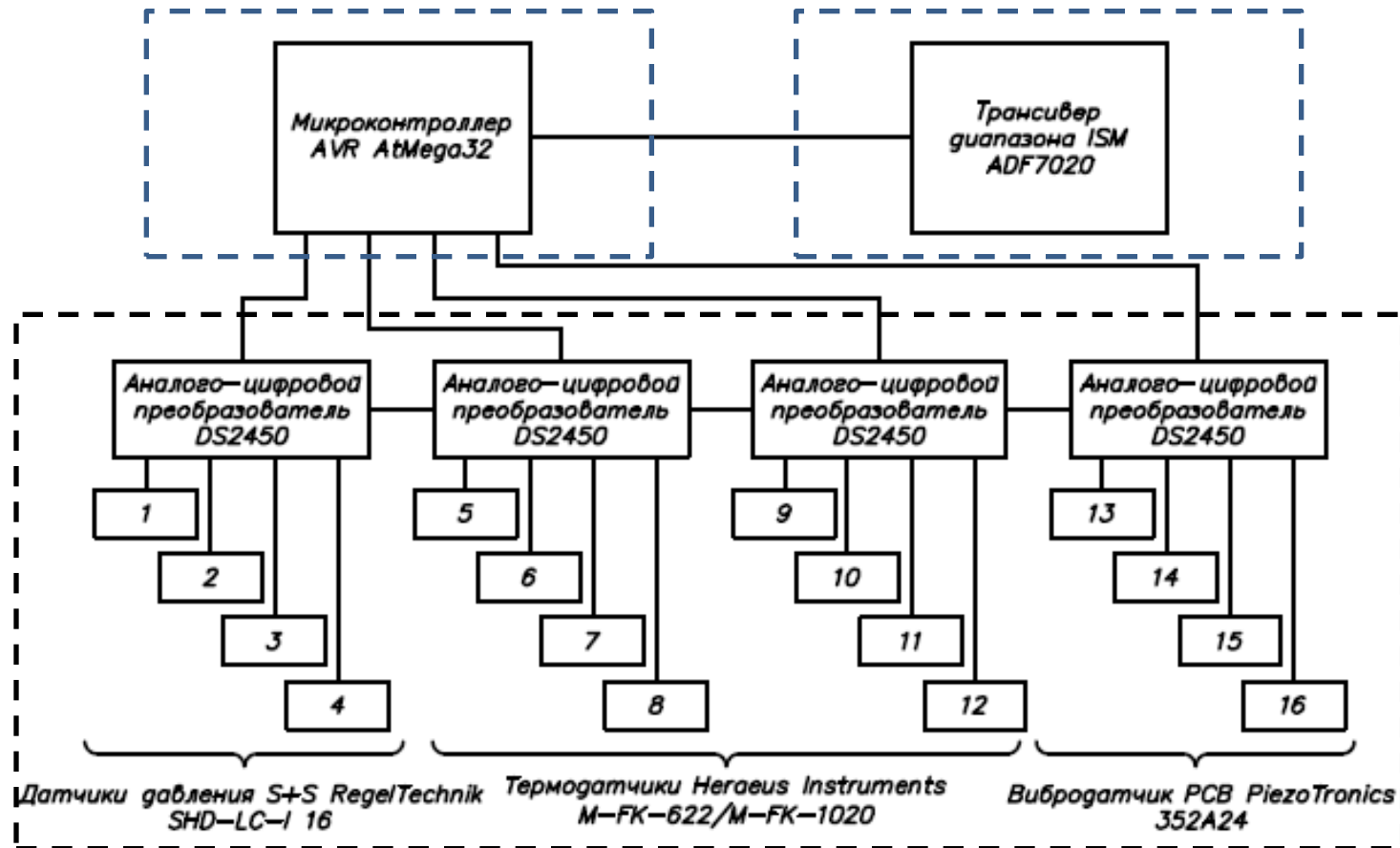
График зависимости значения вибраций (мкм) от времени.



Структура диагностической системы турбогенератора ТВВ-500

Подсистема обработки информации

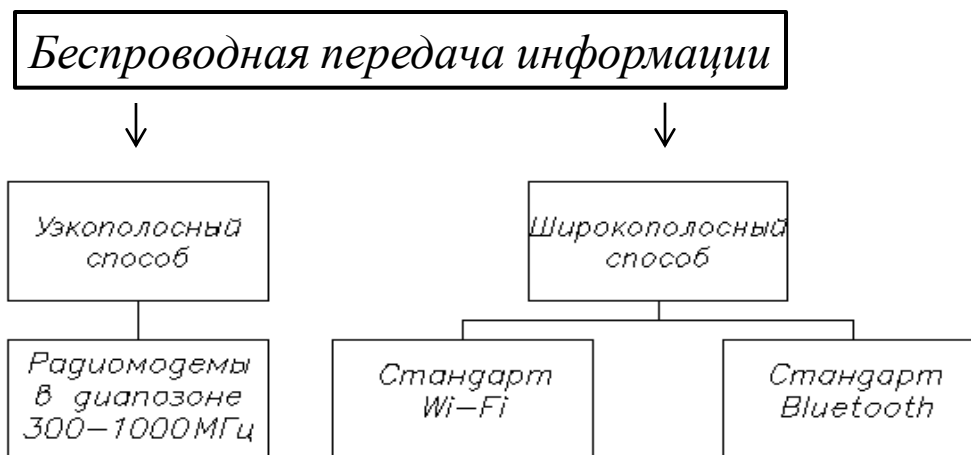
Подсистема передачи информации



Подсистема сбора информации



Варианты реализации беспроводной связи на предприятии электроэнергетики



Узкополосный способ:

- Радиомодемы 433 МГц
 - Скорость передачи – < 200 кбит/сек
 - Дальность связи при прямой видимости – сотни метров

Широкополосный способ:

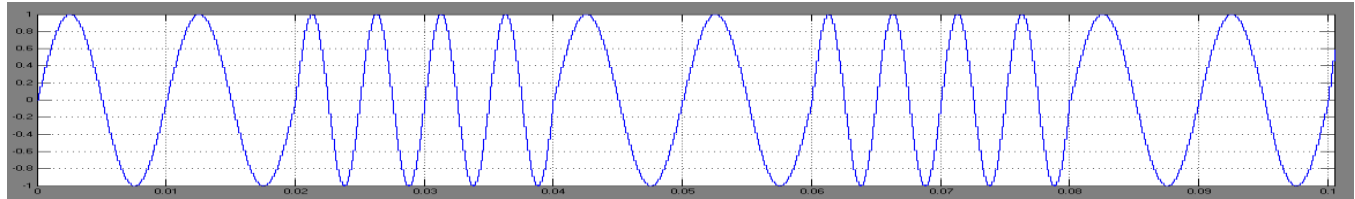
- Bluetooth
 - Скорость передачи – 2.1 мбит/сек
 - Дальность связи при прямой видимости – < 20 метров
- Wi-Fi (802.11b)
 - Скорость передачи – 11 мбит/сек
 - Дальность связи при прямой видимости – < 100 метров



Факторы, влияющие на качество передаваемой информации

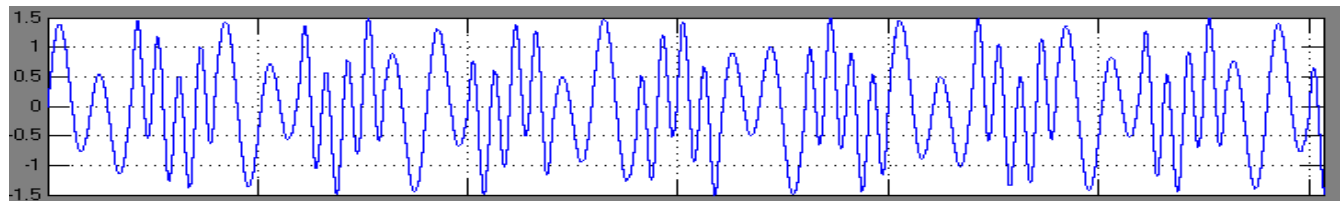
Исходный сигнал

- Метод модуляции – частотный



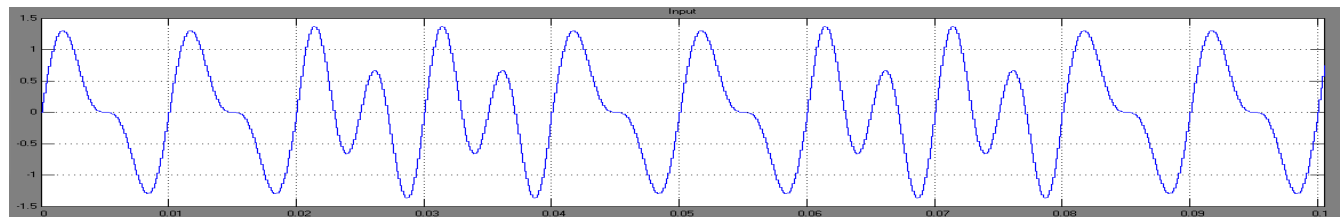
Шум канала

- Шум, а также помехи со стороны других пользователей и коммутационного оборудования



Межсимвольная интерференция

- Интерференция полезного сигнала и его запоздавших отражений

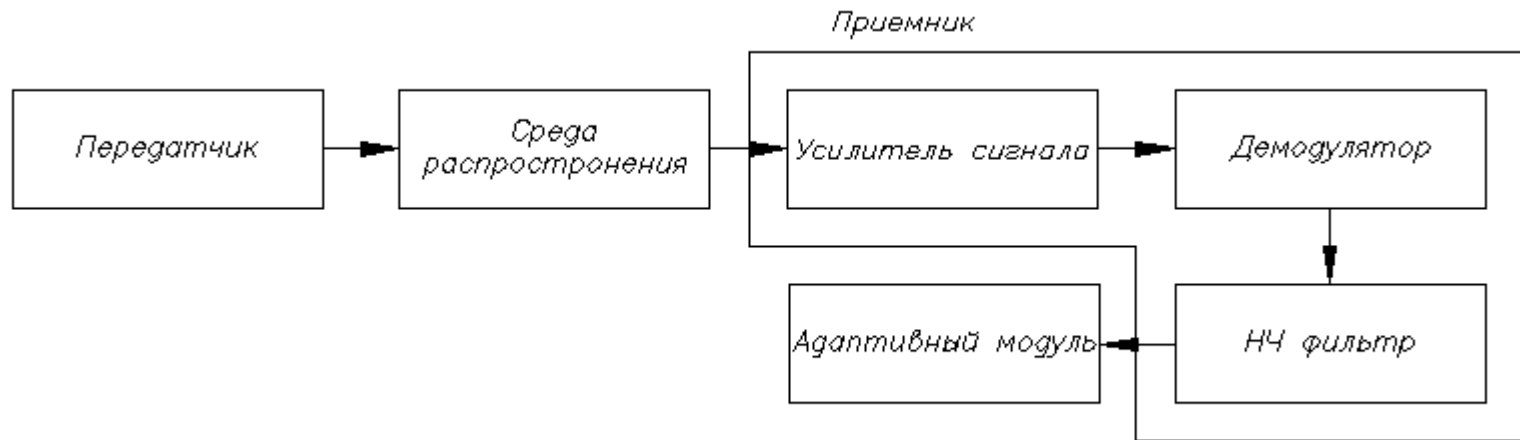


Адаптивная фильтрация

Традиционный способ - применение метода исправления ошибок, основанного на проверке при помощи циклического избыточного кода (CRC, cyclic redundancy check). CRC позволяет обнаруживать повреждения сигнала и запрашивать повторную передачу пакетов, содержащих ошибки. Платой за это является значительная задержка и потери производительности.

Для высокопроизводительных систем с большим количеством датчиков и высокой частотой обновления данных снижение производительности неприемлемо.

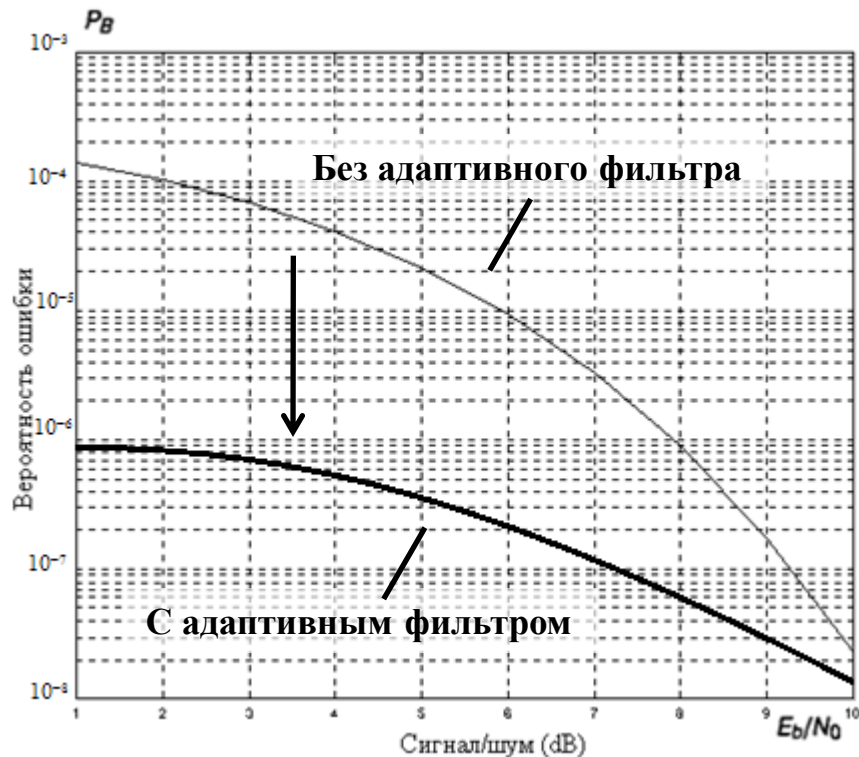
Эффективное решение - применение метода прямого исправления ошибок



Метод исправления ошибок, такой как адаптивная фильтрация - алгоритм, требующий для обеспечения с его помощью скорости передачи данных более 100 кбит/с при вероятности ошибки менее 10^{-6} высокое быстродействие. Поэтому для реализации адаптивного фильтра необходимо использовать специализированный процессор – цифровой сигнальный (DSP).

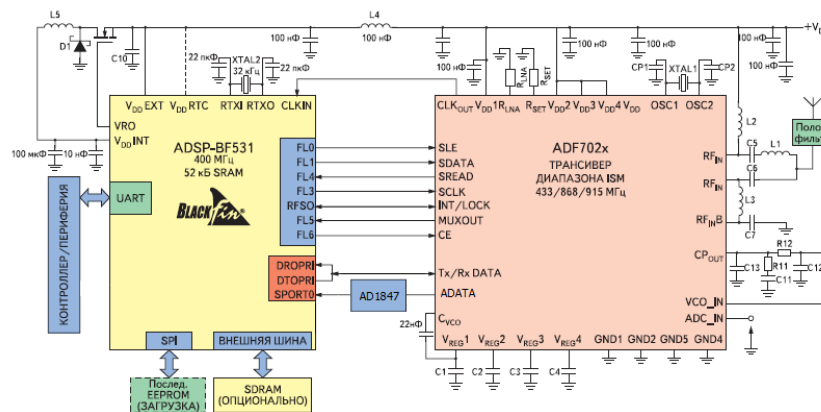


Постановка задачи



Разработать программное платформонезависимое обеспечение в виде IP-блока для реализации адаптивного фильтра на сигнальных процессорах фирмы Analog Devices, обеспечивающего передачу данных на скорости более 100 кбит/с при вероятности ошибки менее 10^{-6} , что обеспечивается подавлением внеполосных помех на 40 дБ и подавлением межсимвольной интерференции.

Используя процессор Blackfin в связке с интегральной схемой приемопередатчика ADF7020, типичная дальность действия которого составляет порядка сотен метров, появляется возможность перейти от проводной системы к беспроводной без потерь в качестве обслуживания.

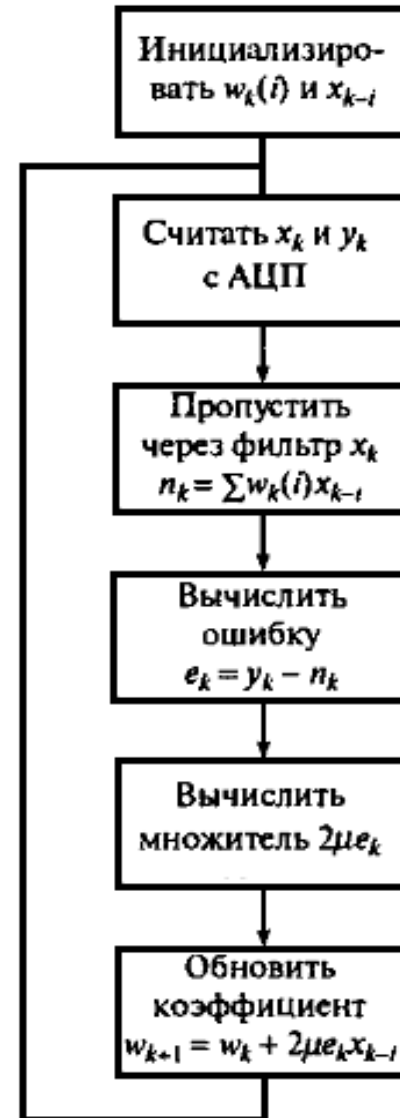


Адаптивный алгоритм наименьших средних квадратов



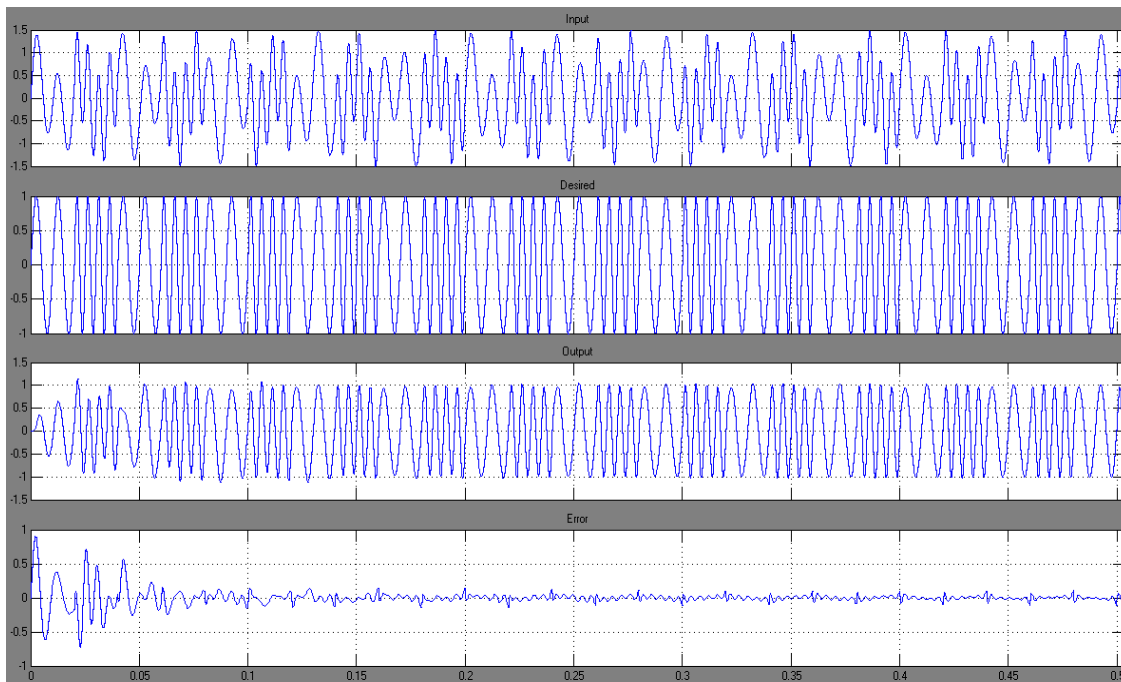
Адаптивный фильтр состоит из 2 частей:

- Цифрового фильтра с регулируемыми коэффициентами
- Адаптивного алгоритма, который используется для настройки весовых коэффициентов фильтра

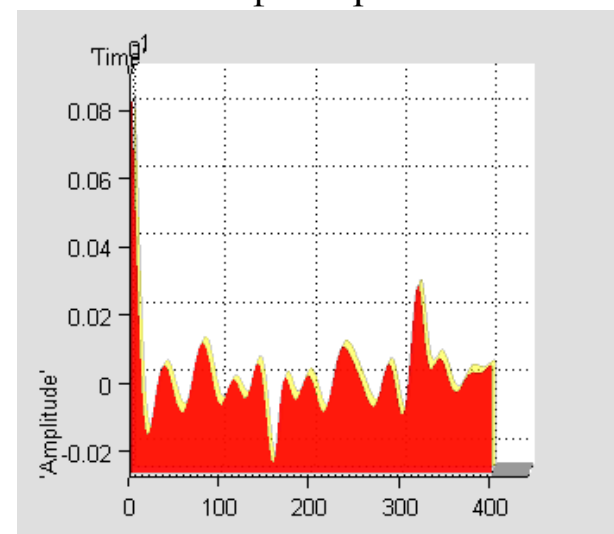


Моделирование работы фильтра на основе алгоритма наименьших средних квадратов в среде MatLab

Результат работы фильтра в случае гармонической помехи



Значения весовых коэффициентов при работе фильтра



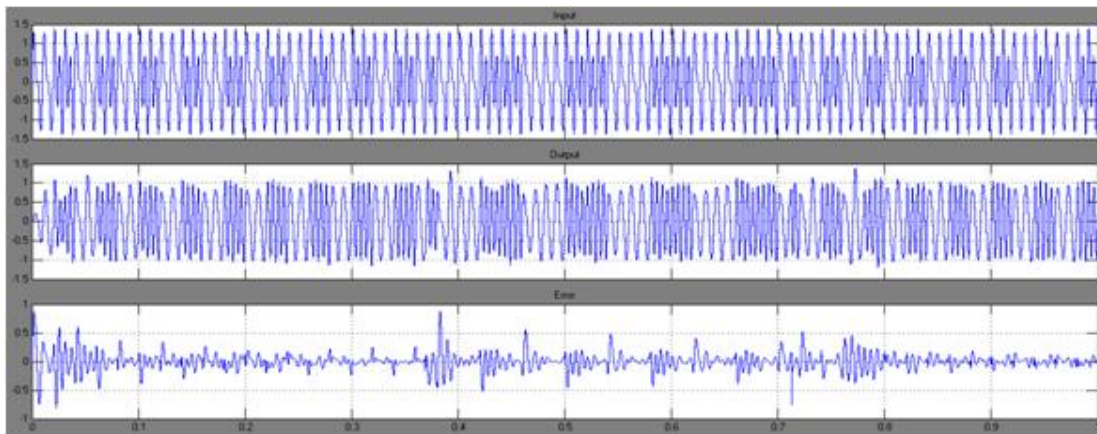
- порядок фильтра – 400 коэффициентов
- шаг подстройки - 0.0001

Для улучшения качества фильтрации сигнала необходимо увеличить значение порядка фильтра

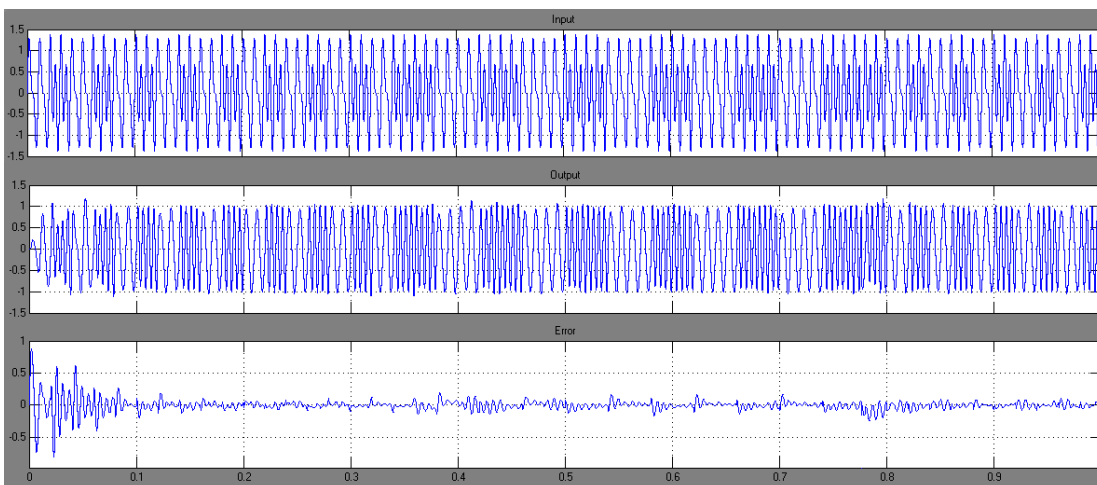


Моделирование работы фильтра на основе алгоритма наименьших средних квадратов в среде MatLab

Результат работы фильтра в случае межсимвольной интерференции

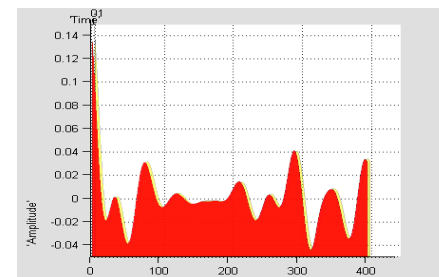
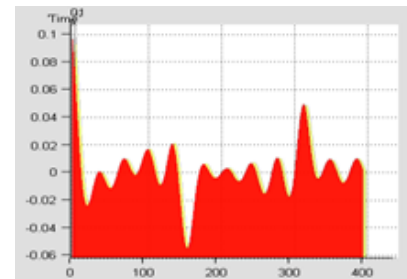


- порядок фильтра – 400 коэффициентов
- шаг подстройки - 0.001



- порядок фильтра – 900 коэффициентов
- шаг подстройки - 0.001

Значения весовых коэффициентов при смене обучающих последовательностей

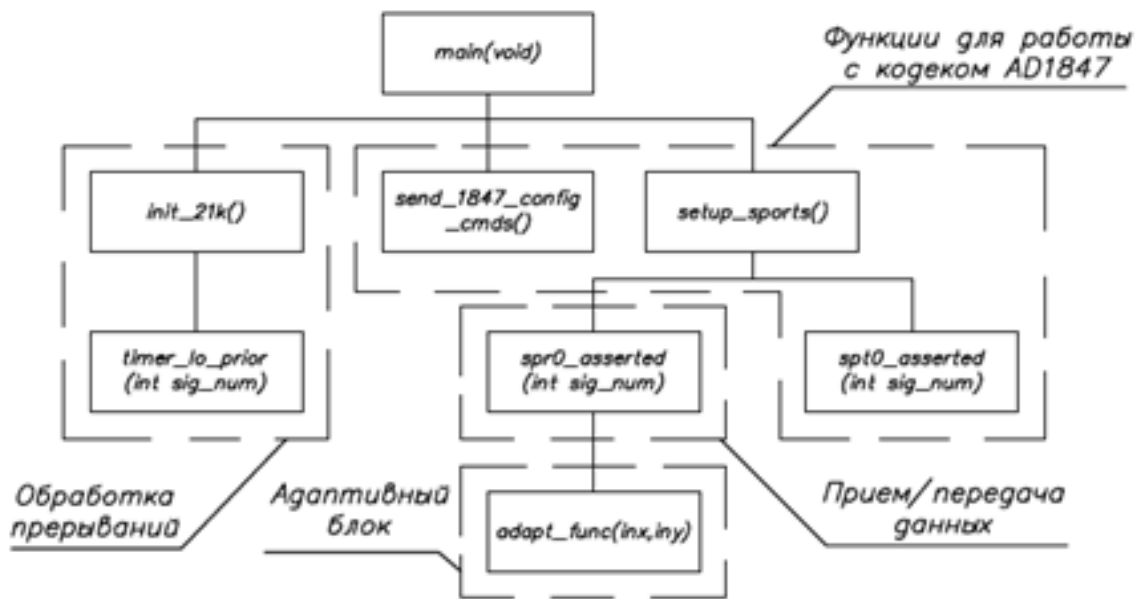


Для борьбы с межсимвольной интерференцией необходимая длина фильтра – 900 коэффициентов



Программная реализация разрабатываемого проекта

Структура проекта программной реализации

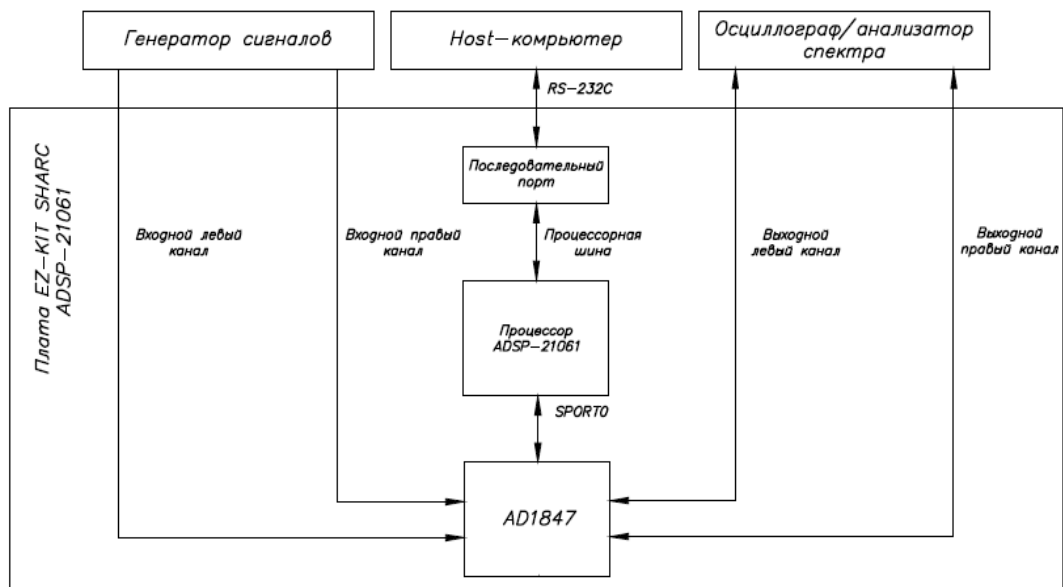


- Исходный код всех программных модулей создан на языке высокого уровня - С.
- Подпрограмма адаптивной фильтрации была оформлена в качестве IP-блока.

Работу программы можно разделить на 4 составляющие: конфигурирование и обработка прерываний процессора, функции для работы с кодеком AD1847 (конфигурирование и инициализация последовательного порта SPORT0), обработка данных, которые поступают через последовательный порт и непосредственно сам адаптивный блок.



Экспериментальные исследования работы адаптивного фильтра



В качестве тестового образца адаптивный фильтр реализовывался на базе отладочного модуля Ez-Kit Lite Sharc с сигнальным процессором с плавающей точкой ADSP-21061, который проигрывает в производительности процессору Blackfin. Поэтому все экспериментальные исследования проводились на простых моделях сигналов.

Генерирование сигналов и обработка результатов производилось на ПК посредством специализированного программного обеспечения SpectraPlus 5.0

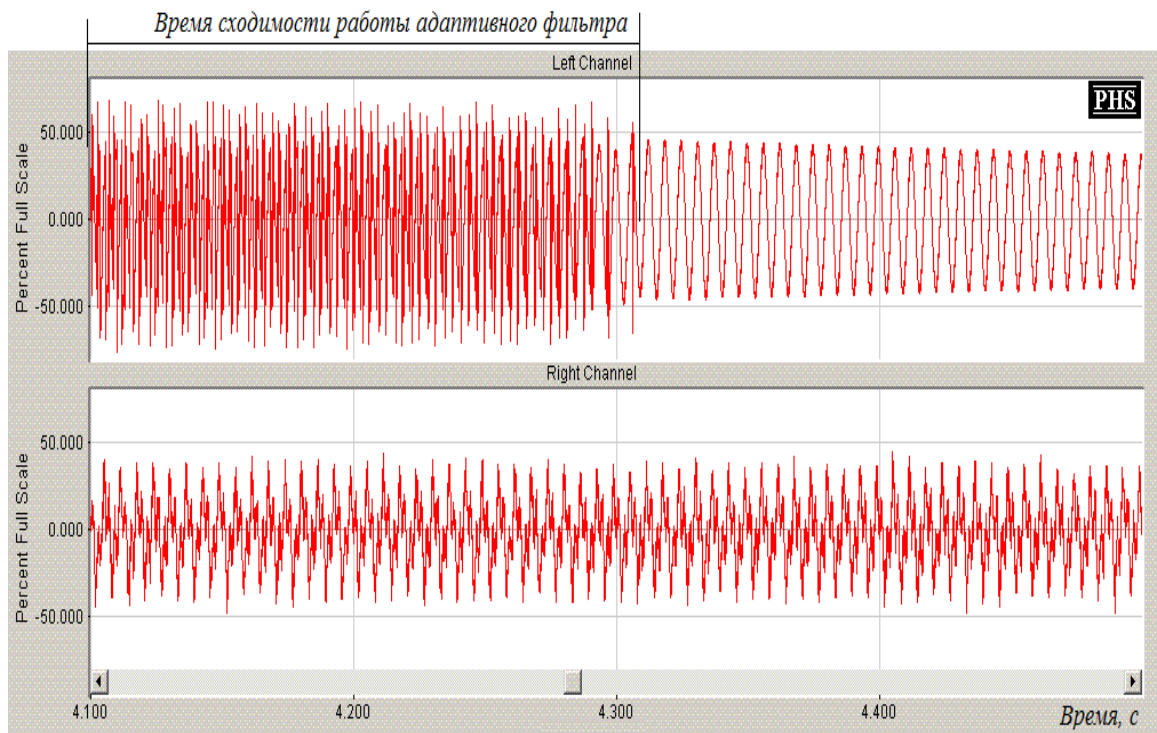
Исследование работы фильтра проводилось при изменении двух параметров:

- зависимость времени сходимости от шага подстройки при постоянном значении порядка фильтра
- зависимость уровня подавления шума (отношение сигнал-шум) от порядка фильтра при постоянном значении шага подстройки

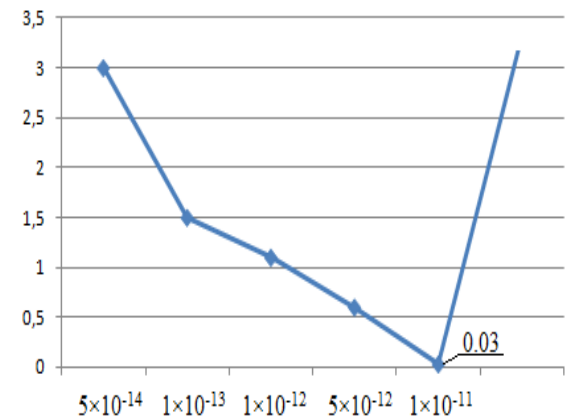


Зависимость времени сходимости от шага подстройки

Исследование зависимости времени сходимости от шага подстройки производилось при порядке фильтра, равным 50.



При уменьшении значения шага сходимости соответственно уменьшается и время сходимости. Однако существует такое критическое значение шага, при котором фильтр уже не сходится



Чем сложнее обрабатываемые сигналы, тем меньшее значение для шага подстройки необходимо выбирать, тем дольше по времени будет сходиться адаптивный фильтр

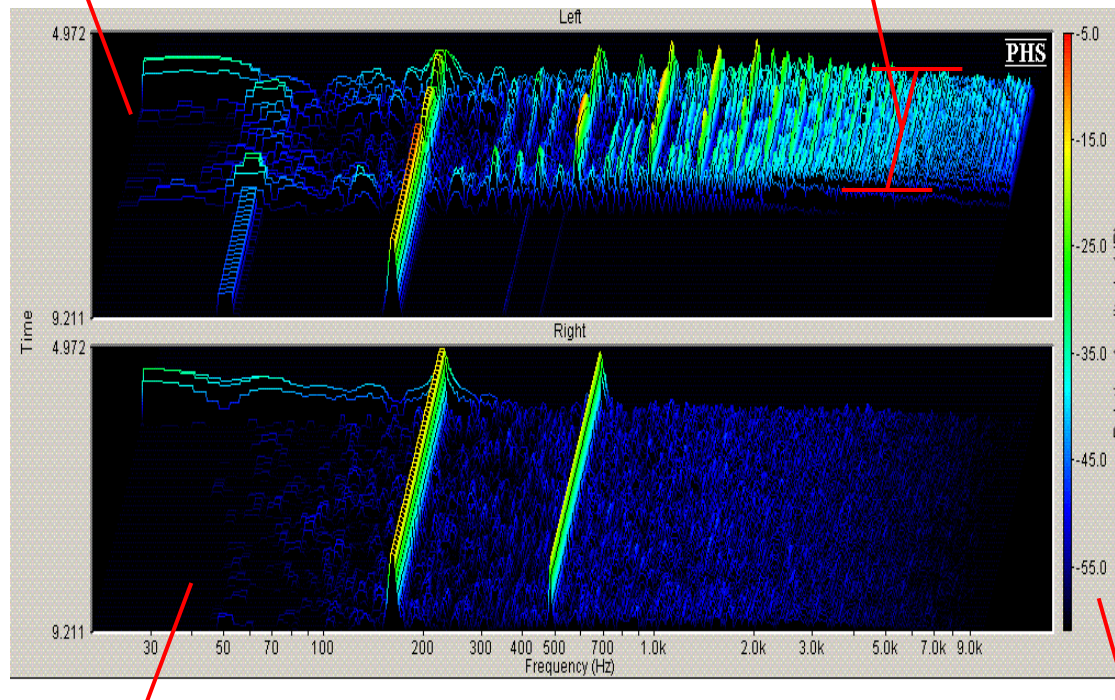


Зависимость отношения сигнал-шум от порядка фильтра

Исследование зависимости отношения значений сигнал-шум от порядка фильтра производилось при шаге подстройки, равным 5×10^{-14} .

Спектрограмма очищенного сигнала

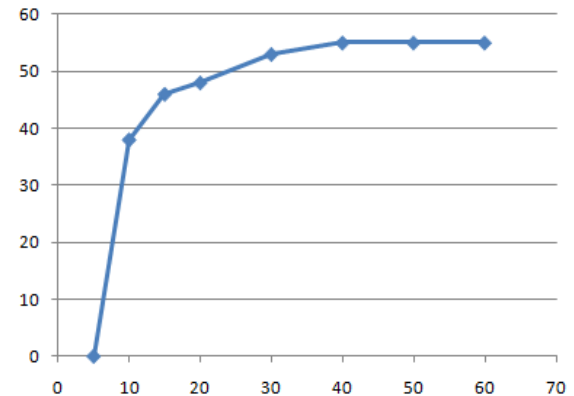
Время адаптации



Спектрограмма сигнала с помехами

Амплитуда, дБ

При увеличении значения порядка фильтра соответственно увеличивается ослабление помехи. Однако существует такое значение порядка фильтра, после которого ослабление уже не меняется.



При обработке более сложных по своей форме сигналов требуется более высокое значение порядка фильтра



Выводы

В процессе выполнения экспериментальных исследований работы адаптивного фильтра реализованного на отладочном модуле Ez-Kit Sharc ADSP-21061 были получены следующие результаты:

- Максимальное ослабление внеполосовых помех – 55 дБ при длине фильтра начиная с 40 коэффициентов.
- Минимальное время сходимости – 0.03 с при шаге подстройки 1×10^{-11} .

Вычислительная мощность данного процессора не позволила произвести испытания на сложных сигналах, описывающих случай межсимвольной интерференции, но опираясь на результаты моделирования в среде MatLab можно предположить, что более производительный процессор, например Blackfin ADSP-BF531, в связке с приемопередатчиком ADF7020 обеспечит передачу данных на скорости более 100 кбит/с при вероятности возникновения ошибки менее 10^{-6} .

