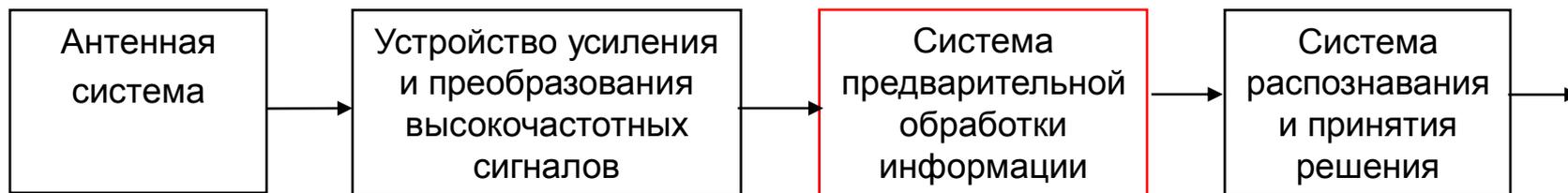


Разработка автоматизированного аппаратно-программного комплекса предварительной обработки радиолокационной информации на базе ПЛИС

- **Цель работы:** создание программно-алгоритмического обеспечения для управления ячейкой аналого-цифрового преобразования и предварительной цифровой обработки сигналов, позволяющее проводить автоматизированные экспериментальные исследования по оценки работоспособности данной ячейки.
- **Решаемые задачи:**
 1. Разработка структурно-функционального состава стенда АЦП и предварительной обработки радиолокационной информации.
 2. Выбор архитектуры построения стенда.
 3. Выбор базовой несущей конструкции.
 4. Выбор элементной базы для создания гибкой системы логической обработки цифровых сигналов.
 5. Разработка программно-алгоритмического обеспечения стенда.
 6. Проведения проверки работоспособности работы стенда АЦП и предварительной обработки радиолокационной информации.

Положение в общей структуре РЛС и требования предъявляемые к разрабатываемой системе

Обобщенная структурная схема радиолокационной системы



К блокам, входящим в радиотехнические системы предъявляют следующие требования:

1. Высокая эксплуатационная надежность.
2. Быстродействие.
3. Ремонтопригодность.
4. Возможность дальнейшей модификации системы с применением новейших технологий и разработок без изменения базового системного программного обеспечения.

Кроме того, необходимо:

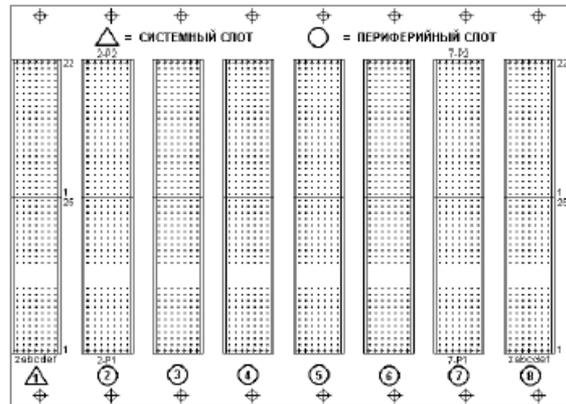
1. Снизить стоимость оборудования.
2. Сократить время разработки оборудования.



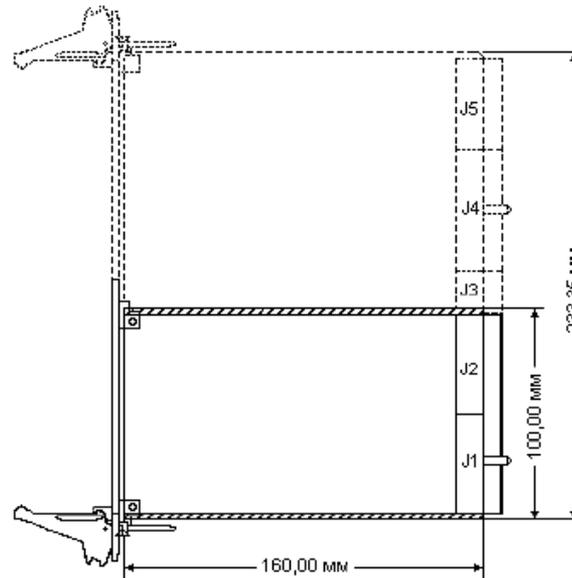
Выбор базовой несущей конструкции и архитектуры построения

В качестве базового конструктива для Compact PCI выбран конструктив Евромеханика (МЭК 297-3) с двумя типоразмерами модулей высотой 3U (100 X 160 мм) и 6U (233 X 160 мм).

Объединительная плата



Устройство Compact PCI



Стойка, с направляющими для ячеек



Каждый сегмент может включать в себя до восьми посадочных мест (слотов) для установки модулей Compact PCI (с частотой системной шины 33 МГц) с шагом между центрами плат 20,32 мм (0,8 дюйма).

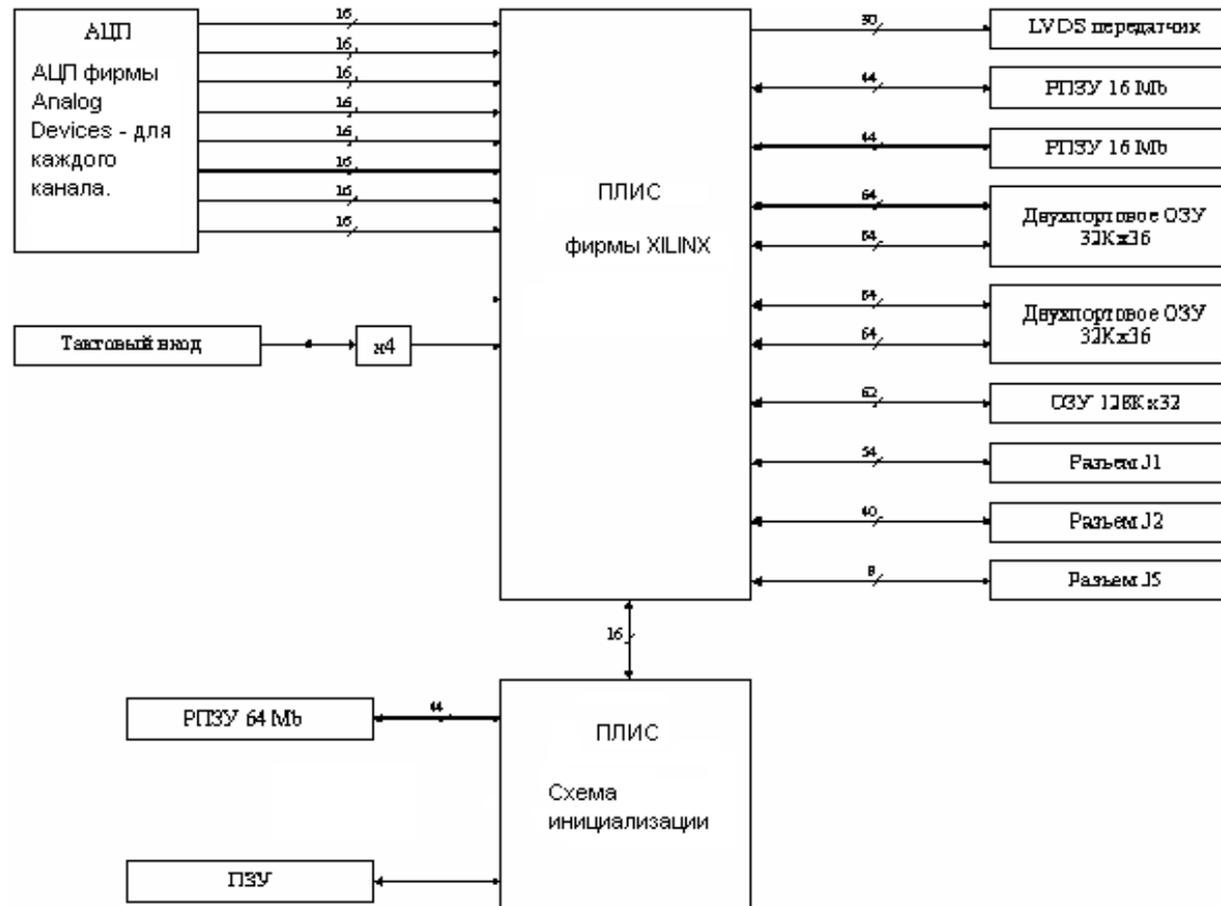
Для устройств Compact PCI Используются компактные Герметизированные экранированные разъемы с шагом расположения контактов 2 мм.

Модулем первого уровня является ячейка – печатная плата с лицевой панелью и разъемами. Ячейка встраивается в модуль второго уровня – блок – каркас с направляющими для ячеек. Блок встраивается в модуль третьего уровня–стойку – каркас с элементами крепления для блоков.

Программируемая логическая интегральная схема как элементная база цифровой обработки сигнала

Основными преимуществами ПЛИС при применении в средствах обработки сигналов являются:

- высокое быстродействие;
- возможность реализации сложных параллельных алгоритмов;
- наличие средств САПР, позволяющих провести полное моделирование системы;
- возможность программирования или изменения конфигурации непосредственно в системе;



Структурная схема ячейки предварительной обработки РЛИ

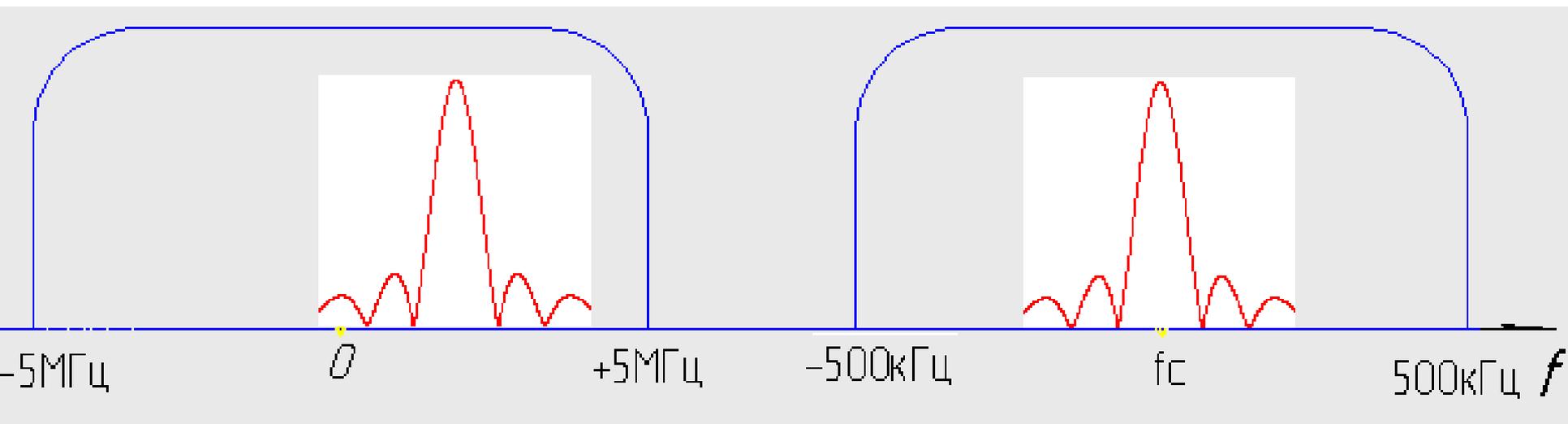
Цифровая обработка сигнала

Узел предварительной частотно-временной обработки сигнала

$F_{\text{д}} := 10 \text{ MHz}$ - частота следования сигнала на вход фильтра ПЧВО

$N := 20$ - количество выборок

$\Delta f := \frac{F_{\text{д}}}{N}$ $\Delta f = 5 \cdot 10^5 \text{ Hz}$ - полоса частот, в которой находится сигнал на выходе фильтра



Перенос спектра на рабочую частоту

Цифровая обработка сигнала

Узел предварительной частотно-временной обработки сигнала

Принцип действия основан на простейших тригонометрических формулах:

Пусть сигнал, который отразился от цели равен: $r(f_{0.c.}) := \cos(f_{0.c.}) + j \cdot \sin(f_{0.c.})$

Пусть опорный сигнал имеет следующий вид: $w(f_{3.c.}) := \cos(f_{3.c.}) + j \cdot \sin(f_{3.c.})$

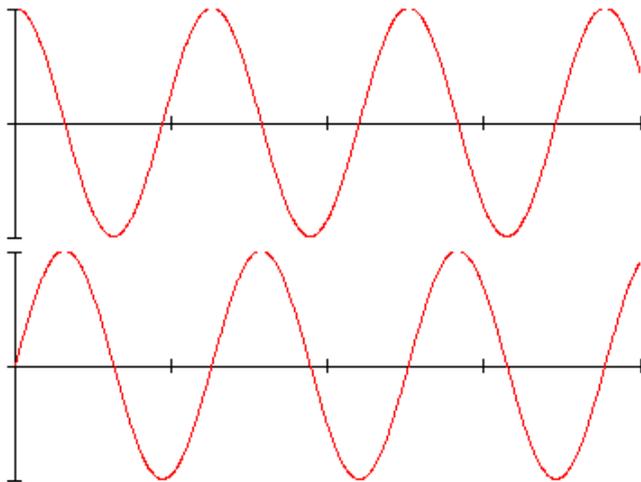
Сигнал на выходе фильтра ПЧВО рассчитывается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \cos(f_{0.c.}) \cdot \cos(f_{3.c.}) + \sin(f_{0.c.}) \cdot \sin(f_{3.c.}) &= \frac{1}{2}(\cos(f_{0.c.} - f_{3.c.}) + \cos(f_{0.c.} + f_{3.c.})) + \frac{1}{2}(\cos(f_{0.c.} - f_{3.c.}) - \cos(f_{0.c.} + f_{3.c.})) \\ \Rightarrow r(f_{0.c.})w^*(f_{3.c.}) &= \cos(f_{0.c.} - f_{3.c.}) \end{aligned}$$

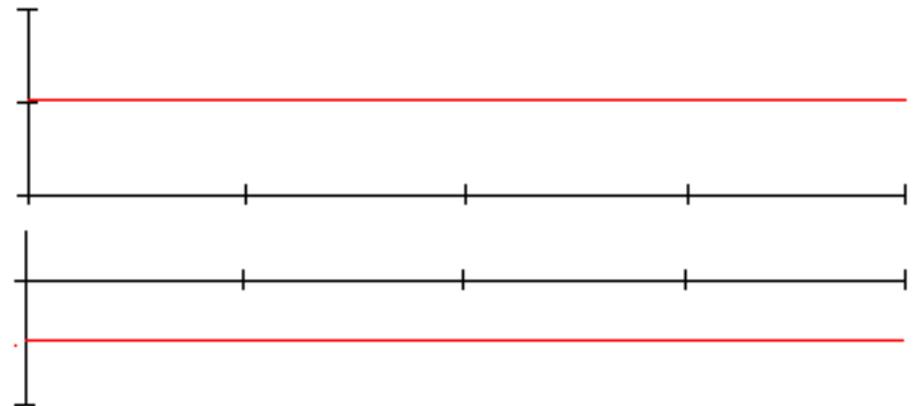
Так как нам известна частота зондирующего сигнала, то отраженный сигнал от цели будет иметь частоту близкую к заданной. Разница между частотой з.с. и отраженного есть частота доплеровского сдвига:

$$\Delta f_{\text{доп}} := f_{\text{з.с.}} - f_{\text{о.с.}}$$

В случае если частота опорного сигнала полностью совпадет с частотой обрабатываемого сигнала на выходе фильтра мы получим постоянную составляющую равную фазе отраженного сигнала



ВХОД



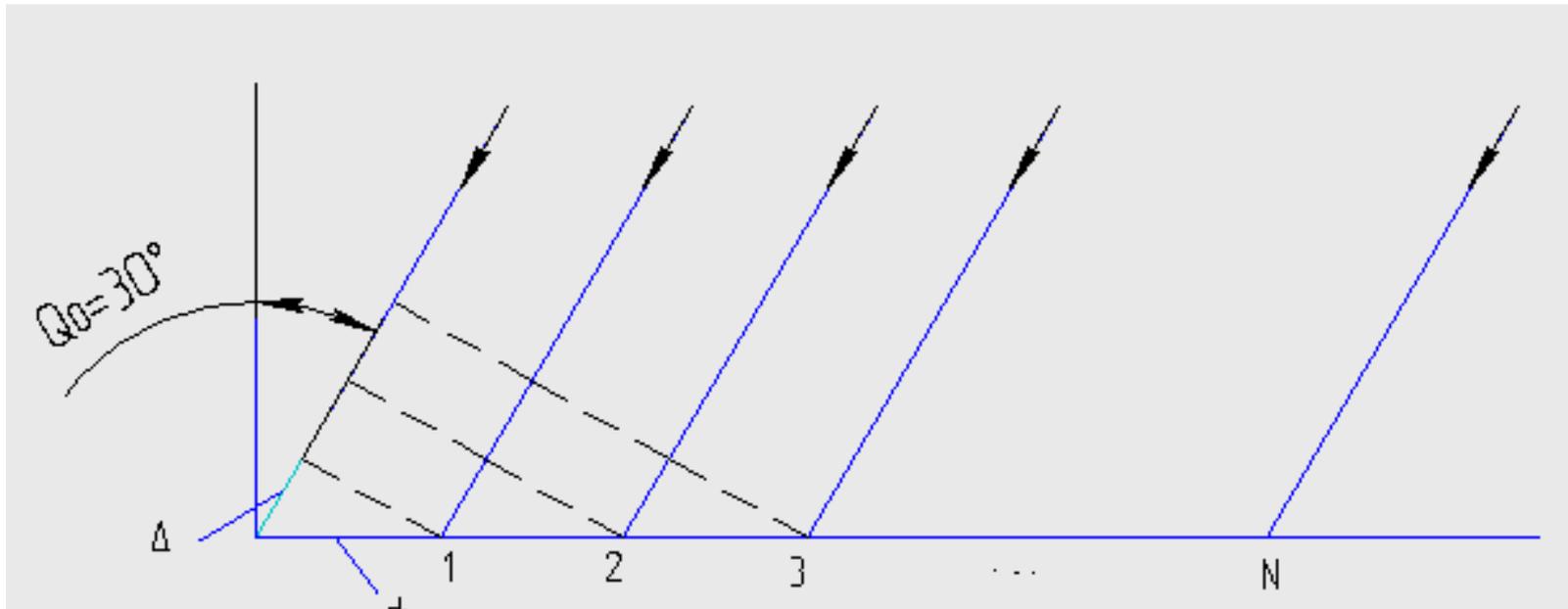
ВЫХОД

Цифровая обработка сигнала

Узел предварительной пространственной обработки сигнала

Основной функцией ППО является сбор всей информации пришедшей с фильтра ПЧВО из N каналов в один, путем умножения выборок на опорные пространственные вектора $W_{ппо}$, суммирования и временного уплотнения по лучам. С выхода ППО обработанная информация попадает на формирователь выходных данных.

Принцип работы ППО основан на зависимости разности фаз сигналов между каналами от угла прихода луча



Зависимость разности фаз сигналов между каналами от угла прихода луча

Программно-алгоритмическое обеспечение

Структурная схема экспериментального стенда

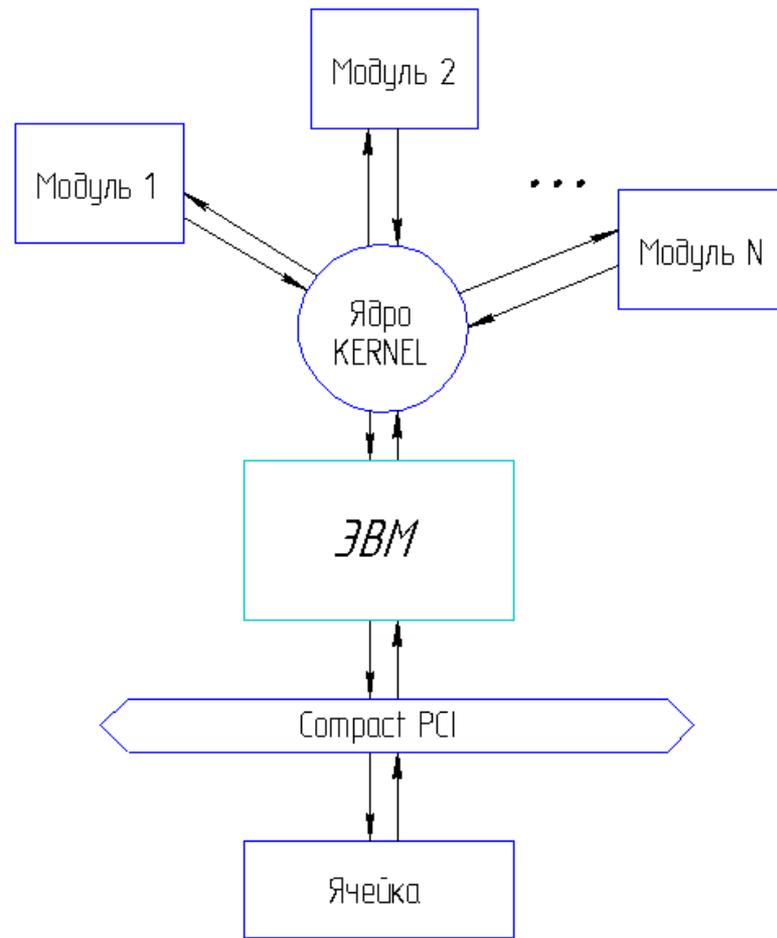
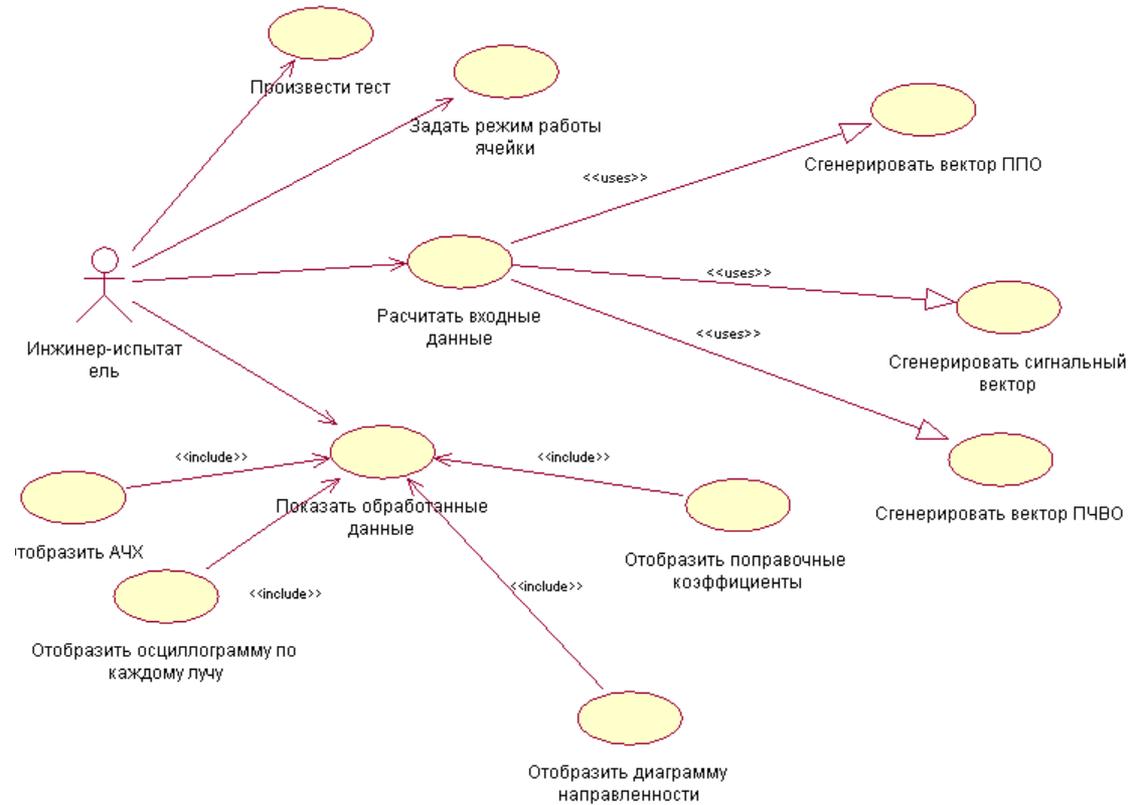


Диаграмма вариантов использования



Программно-алгоритмическое обеспечение

Ядро

ТИПД – тип поступающих данных

Ноч – номер очереди (определяет по какому тактовому импульсу данное расписание выполняется ячейкой).

1,2,3,4 - номер очереди,

0 – конфликтная ситуация.

КСТР = 1..16 – количество стробов в расписании данного такта

Доп.Признак – дополнительный признак идентификатора строба.

ID строба – номер строба

ФУ – таблица функционального управления

Нднстр – номер дискрета начала строба (0..32760) – через сколько импульсов частоты 10МГц относительно тактового импульса начинается данный строб

Ндлстр – длительность строба – через сколько импульсов частоты 10МГц относительно начала (Нднстр) заканчивается данный строб

ТС – Тип строба

Нчт – Номер частотной точки

КФЛ – количество лучей, формируемых в данном стробе

ОКПД – окончание поступающих данных.

Параметры ФУ

ТИПД 1

Ноч 1

КСТР 1

ДопПризнак 0x0

ID строба 1

Нднстр 1

Ндлстр 1024

ТС 1

Нчт 1

КФЛ 10

ОКПД 1

Загрузить ФУ

Весовые коэффициенты

Коз.коэффициенты ПЧВО Настроить Загрузить

Коз.коэффициенты ППО Настроить Загрузить

Входной сигнал

Амплитуда 60 Просмотр

Частота 0.625 Загрузить

Фаза 0

Помеха 1 Помеха 2

Амплитуда 60 Амплитуда 60

Частота 1.4 Частота 1.85

Шум СКО Шума 1

Тесты

Тест№1

Тест№2

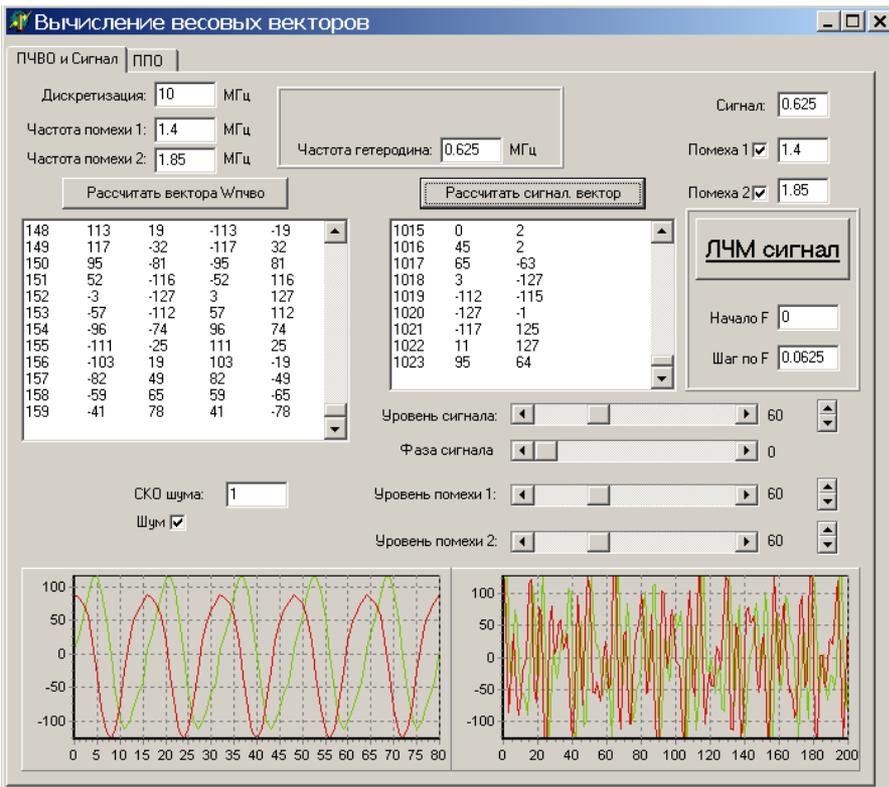
Тест№3

№ устройства 1

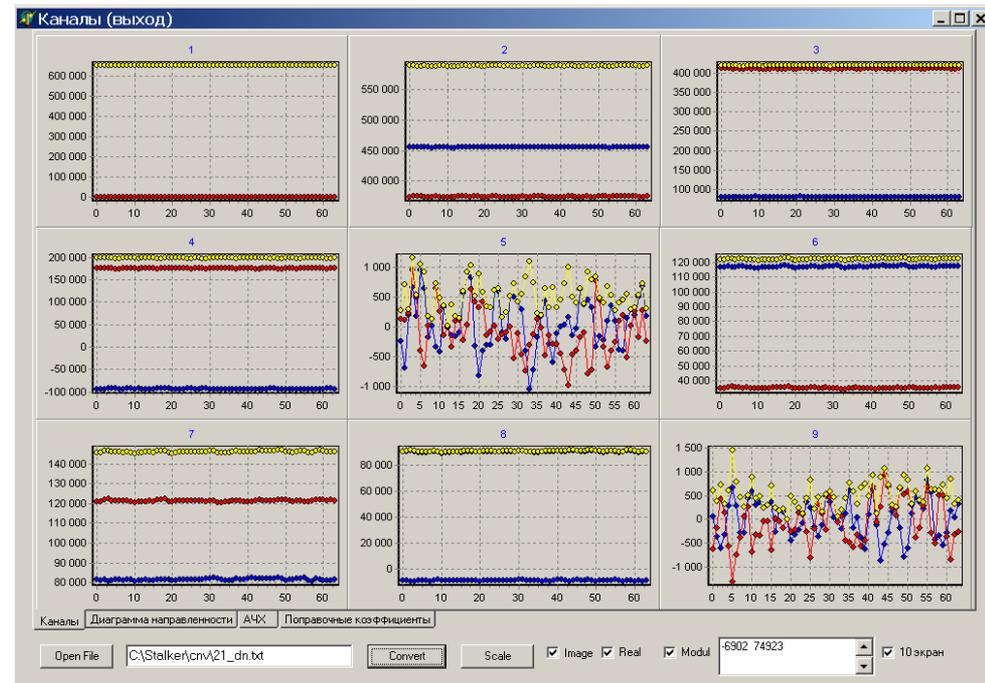
ok

Программно-алгоритмическое обеспечение

Модуль расчета входных данных



Модуль обработки выходных данных



Формирование векторов ПЧВО и сигнального вектора

Форма содержит осциллограммы 8 выходных каналов. Переключатели *Image*, *Real* и *Module* предназначены для переключения между режимами вывода на экран действительной и мнимой частей выборки выходных данных, а также их модуля

Выводы

- Разработан структурно-функциональный состав стенда аналого-цифрового преобразования и предварительной обработки радиолокационной информации
- Произведен выбор архитектуры построения стенда.
- Произведен выбор базовой несущей конструкции.
- Произведен выбор элементной базы для создания гибкой системы логической обработки цифровых сигналов.
- Разработано программно-алгоритмическое обеспечение стенда.
- Проведена проверка работоспособности работы стенда АЦП и предварительной обработки радиолокационной информации.