

АО «ОНИИП»

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ПРИЕМНОГО ТРАКТА СПУТНИКОВО МОДЕМА. ЧАСТЬ 1

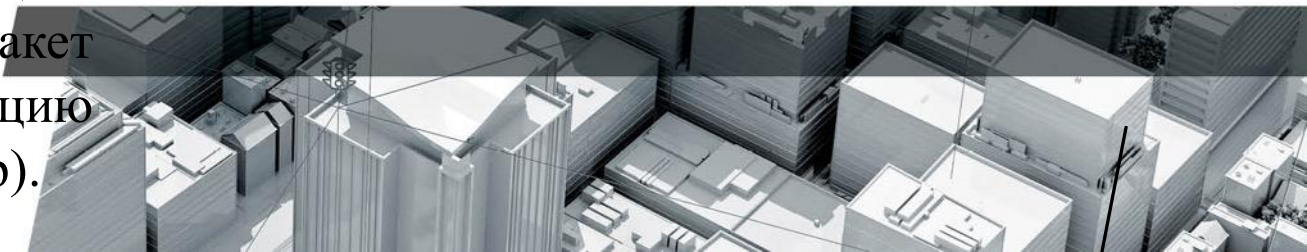


**Техник
Воронцов Андрей
НТЦ 4, отдел 140**

Актуальность работы

В данном докладе будут рассмотрены варианты построения приемного тракта спутникового модема для организации построения станции спутниковой связи по распространенной схеме VSAT (Very Small Aperture Terminal). Данный тип малых спутниковых терминалов связи планируется применяться для организации мобильных пунктов связи через спутниковые ретрансляторы по системе «ТОЧКА -ТОЧКА» (вид организации прямого канала связи, в котором спутник ретранслирует сигнал от малой абонентской станции на другую абонентскую станцию) и «Звезда» (тип организации спутниковой связи в котором информация от абонентской станции передается через спутниковый терминал на центральную станцию где сигнал информационный пакет обрабатывается и передается на станцию респондента через спутниковый ретранслятор).

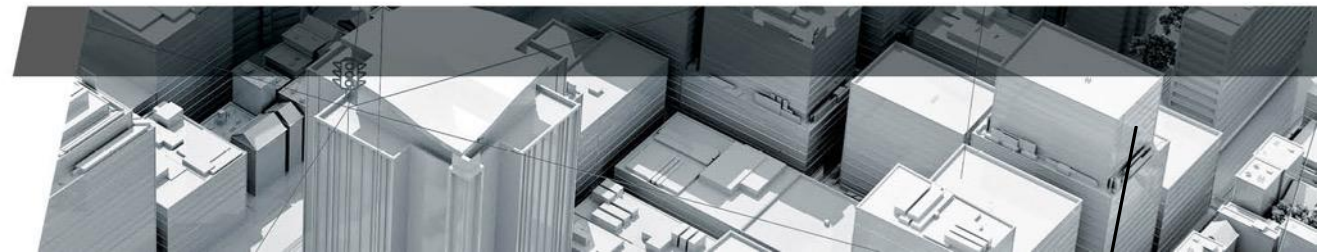
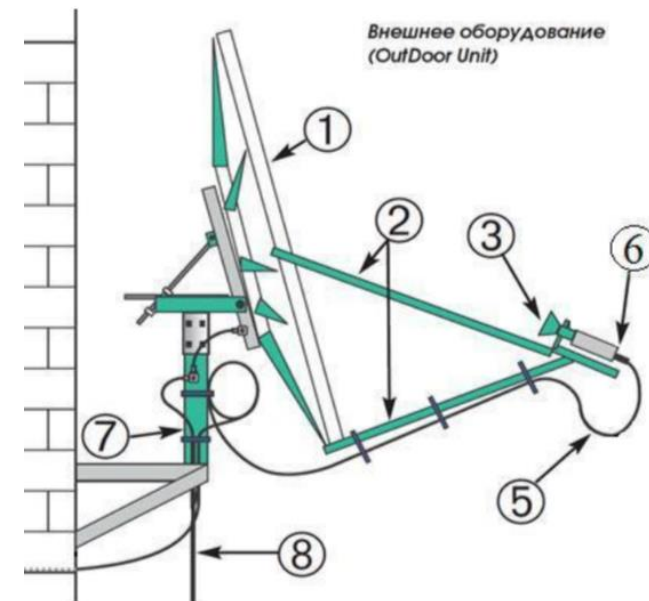
Особенностью проектирования модема на отечественной элементной базе является ограниченный частотный диапазон аналого-цифровых преобразователей (АЦП), доступных на отечественном рынке. В связи с этим, прямой прием высокочастотного сигнала с выхода малошумного усилителя антенны и последующая его оцифровка в большинстве случаев невозможны.



Рассмотрение антенного оборудование



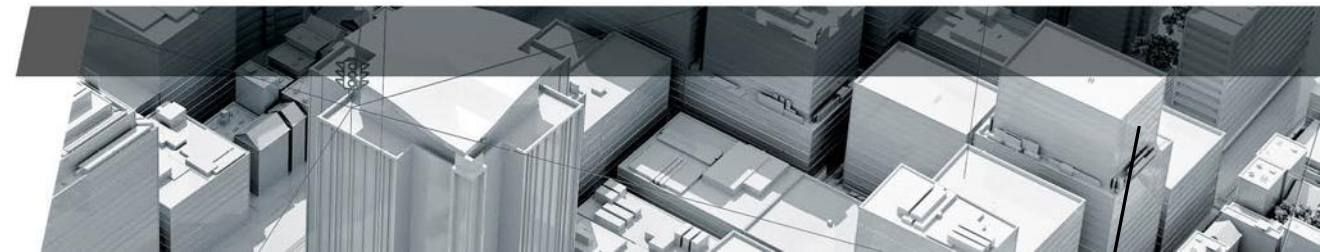
- антенна (1) с облучателем (3) и штангами (2) для крепления LNB и BUC;
- спутниковый модем (4);
- радиочастотные кабели (5) с коннекторами (6);
- опоры для крепления антенны (7) на здании или на земле;
- кабели заземления (8).



GIBERTINI PE65A AZ/EL



Наименование	Характеристика
Тип	офсетная антенна
Размер	0,670 x 0,715 м
F/D	0,66
Рабочая полоса частот	10,00 ... 13,00 ГГц
Усиление	35,2 дБ 10,70 ГГц 36,0 дБ 11,70 36,8 дБ 12,75 ГГц
Офсетный угол	21,3
Ширина диаграммы направленности	2,60° (по уровню -3 дБ @ 11,70 ГГц)
Уровень кроссполяризации	24 дБ / 10,95 ГГц
Ослабление боковых лепестков	21 дБ / 10,95 ГГц



LN2047

— Частота входного сигнала со спутника - 11.7-12.75 ГГц

— Частоты гетеродина конвертора – 10.6 ГГц

— Частоты первой ПЧ – 1.1 – 2.15 ГГц

Компактный высокопроизводительный наружный повышающий модуль ВУС

Диапазон частот, Гц:

— Частота входного сигнала со спутника 13.75- 14.5 ГГц

— Частота гетеродина - 12.8 ГГц

— Частоты первой ПЧ – 0,950 -1.7 ГГц

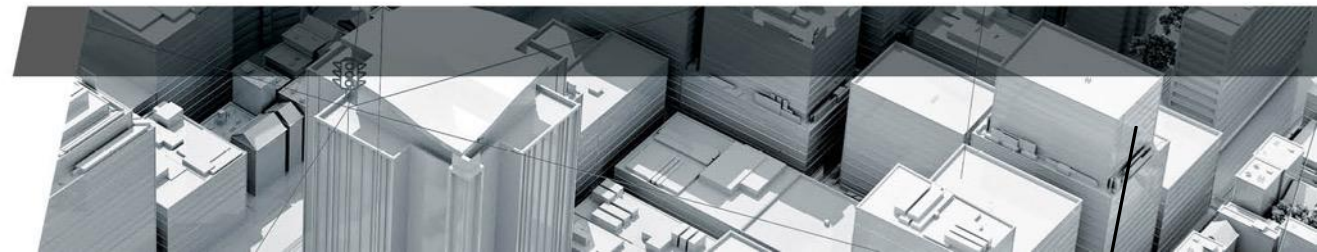
Радиочастотные характеристики:

— Выходная мощность (P1db) 4 Вт (+36 dBm)

— Усиление (дБ) 56 дБ min.

Интерфейс:

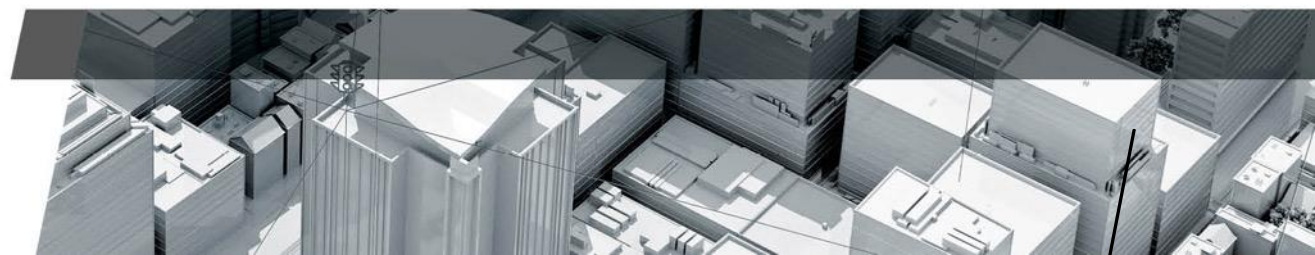
— Входной сопротивление: 50 Ω



Значение затухания в фидере



Частота, МГц	Затухание, дБ/100м			
	RG-59	RG-6	RG-11	QR-540
5	2,5	1,9	1,2	0,5
55	6,2	5,1	3,2	1,5
185	11,3	9,3	5,7	2,9
250	12,8	10,8	6,7	3,4
450	17,4	14,4	9,1	4,6
600	20,3	16,7	10,4	5,4
865	24,1	19,9	12,9	6,7
1000	26,6	21,5	14,2	7,1
1750	35,8	28,7	19,5	9,2



Расчет входного уровня сигнала

$$Pr = Ps + Ga + Gmшy - Lф, (1)$$

Где:

P_s : Исходный уровень сигнала, принимаемый антенной.

G_a : коэффициент усиление антенны увеличивает мощность сигнала.

$G_{mшy}$: коэффициент МШУ дополнительно усиливает сигнал.

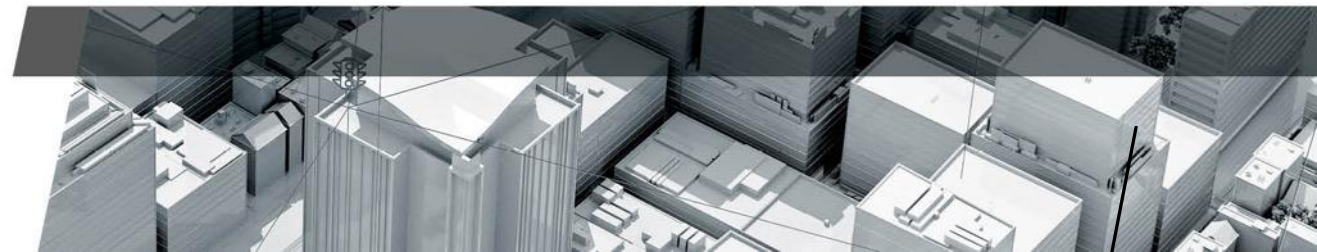
$L_{ф}$: Ослабление фидера уменьшает мощность сигнала.

Для рассмотренной выше антенной системы ниже был произведен расчет со следующими исходными данными:

- $P_s = -160$ дБм (уровень сигнала на входе антенны)
- $G_a = 36$ дБ (усиление антенны)
- $G_{mшy} = 56$ дБ (усиление МШУ)
- $L_{ф} = 19,5$ дБ (потери в фидере)

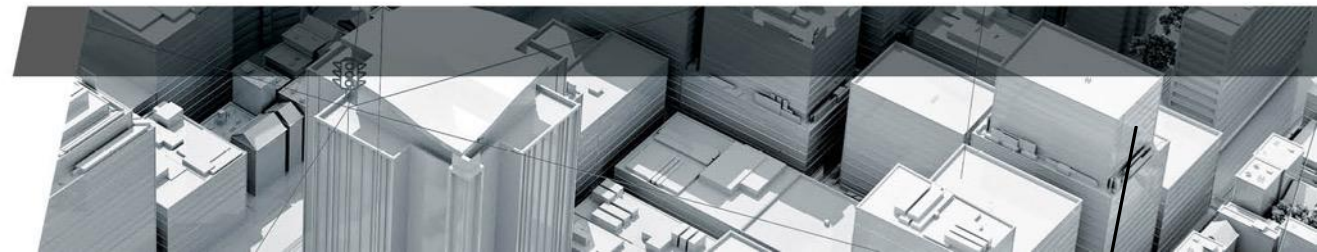
Расчет:

$$7 \quad Pr = -160 + 36 + 56 - 19,5 = -87,5, (2)$$



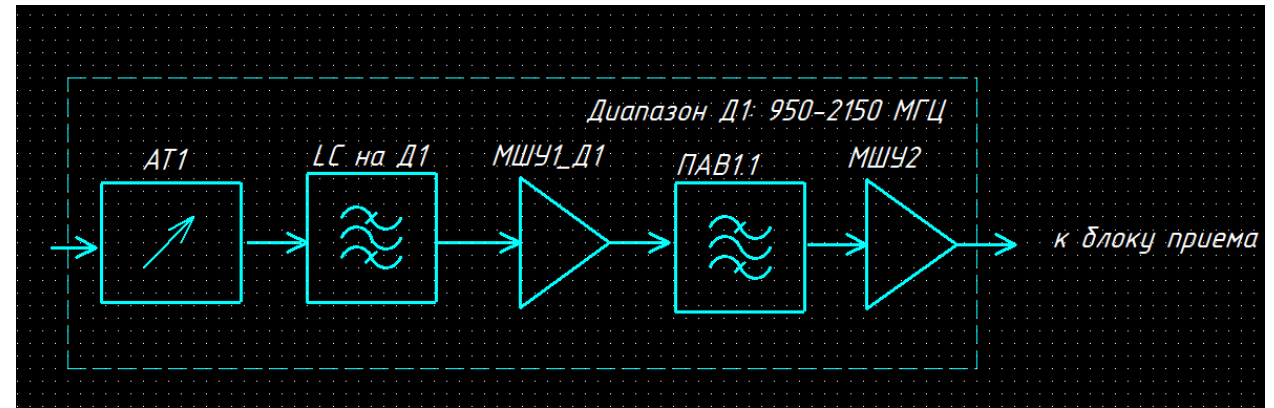


- Вариант 1 – Супергетеродинный приемный тракт с двойным преобразованием частоты и цифровым предобработкой радиочастоты.
- Вариант 2 – Супергетеродинный приемный тракт с квадратурным выходом



Рассмотрения типового приселектора

В каждом из рассматриваемых вариантов применяется стандартная конструкция приселектора. Приселектор в модеме служит для подавления нежелательных сигналов, которые могут попасть в приемный тракт. Отличительной особенностью данного приселектора является наличие программируемого аттенюатора. Такое решение позволяет динамически регулировать коэффициент ослабления радиочастотного сигнала в зависимости от его уровня на входе приемника. Это необходимо для предотвращения перегрузки аналого-цифрового преобразователя (АЦП), вызванной слишком мощным сигналом.



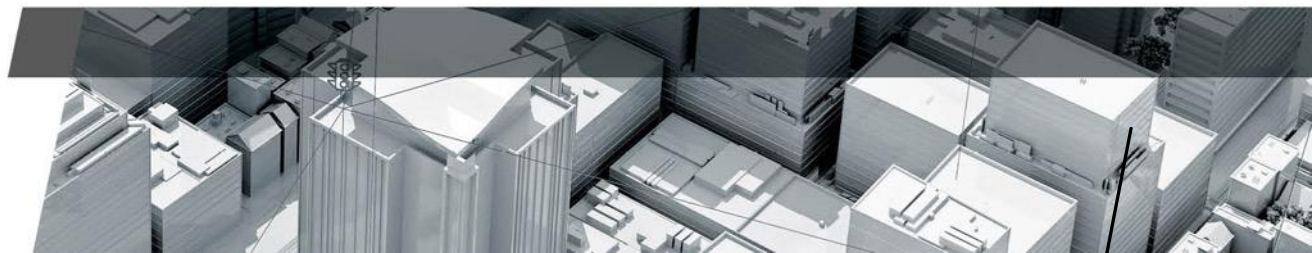
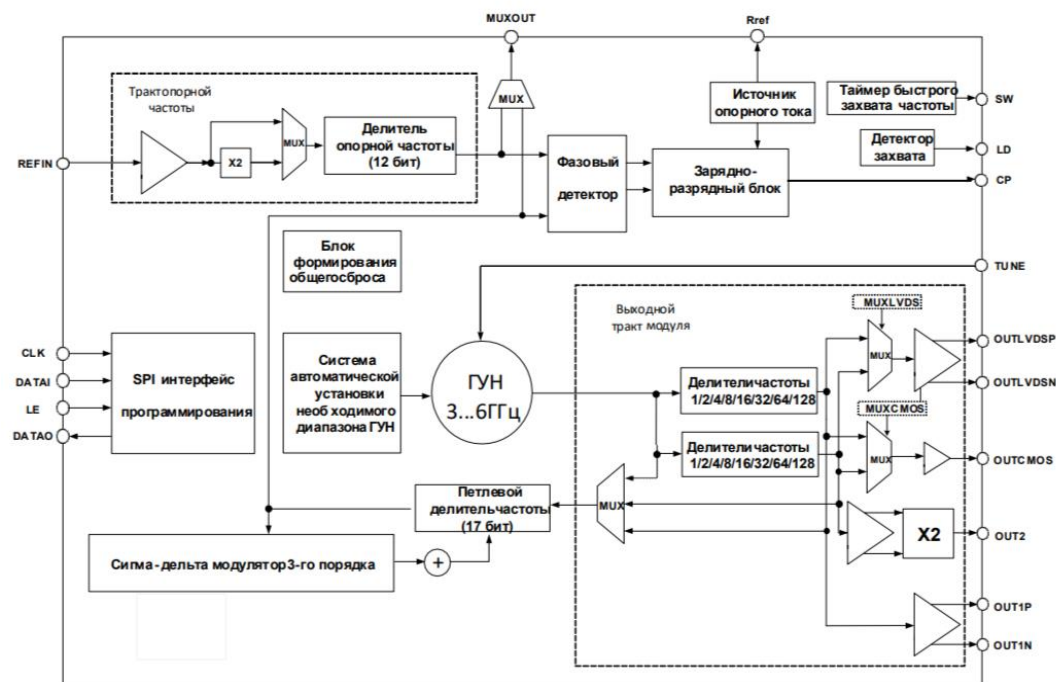
Синтезатор частоты



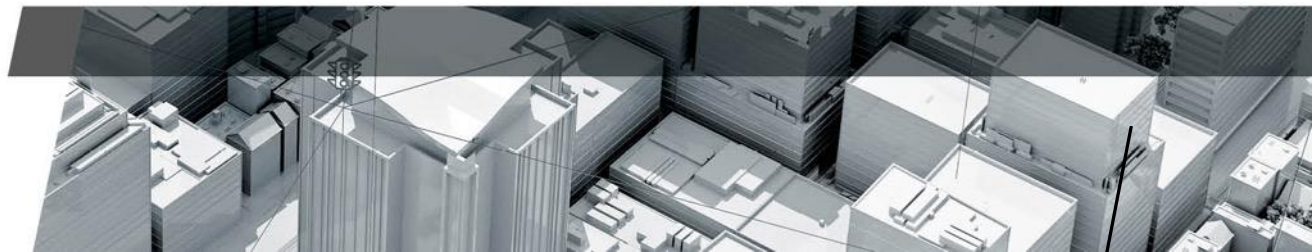
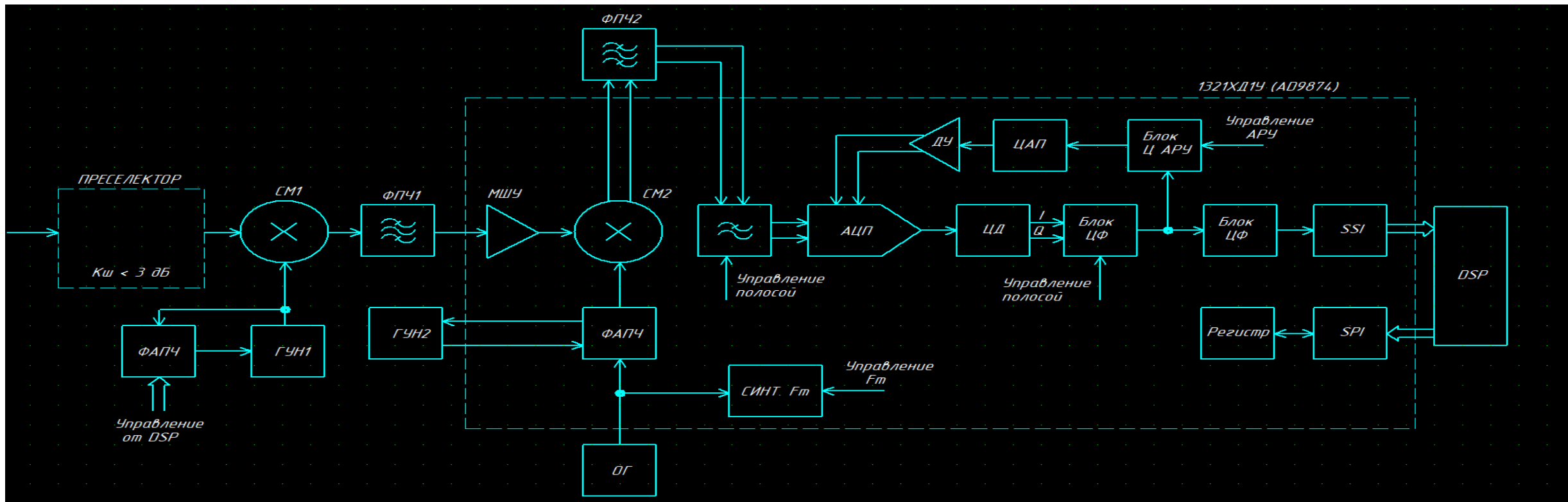
В каждом из рассматриваемых вариантов будет применяться типовой программируемый синтезатор частоты от отечественной компании «Электрон-маш» iFSY-320-MO со следующими характеристиками:

- Диапазон выходных частот 23,5 – 12 000 МГц;
- Опорная частота до 200 МГц;
- Частота фазового детектора в целочисленном режиме до 100 МГц;
- Частота фазового детектора в дробном режиме до 50 МГц;
- Фазовый шум ГУН (на выходной частоте 6 ГГц и отстройке 1 МГц) минус 118 дБн/Гц;
- Нормированный уровень собственных шумов в целочисленном режиме минус 226 дБн/Гц;
- Встроенные функции “предотвращение проскальзывания циклов” и быстрого захвата частоты;
- Мультирежимный сигма-дельта модулятор;
- Время калибровки ГУН не более 40 мкс;
- Напряжение питания от 3,0 до 3,6 В;
- Динамический ток потребления не более 360 мА;
- Температурный диапазон от -45°C до +85°C.

СТРУКТУРНАЯ БЛОК-СХЕМА

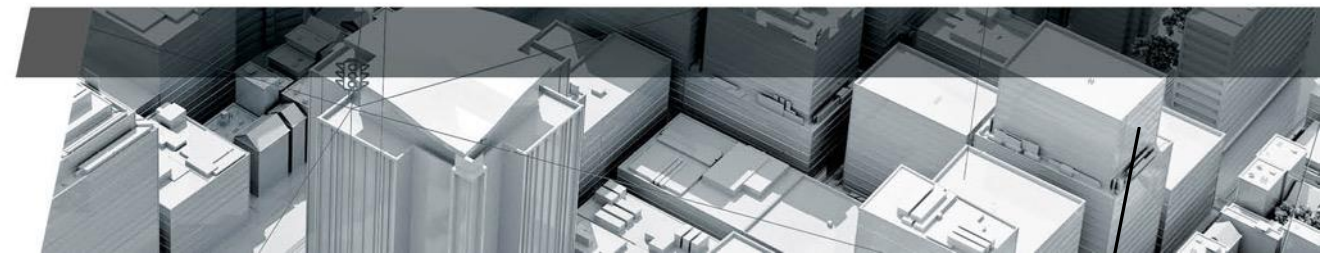
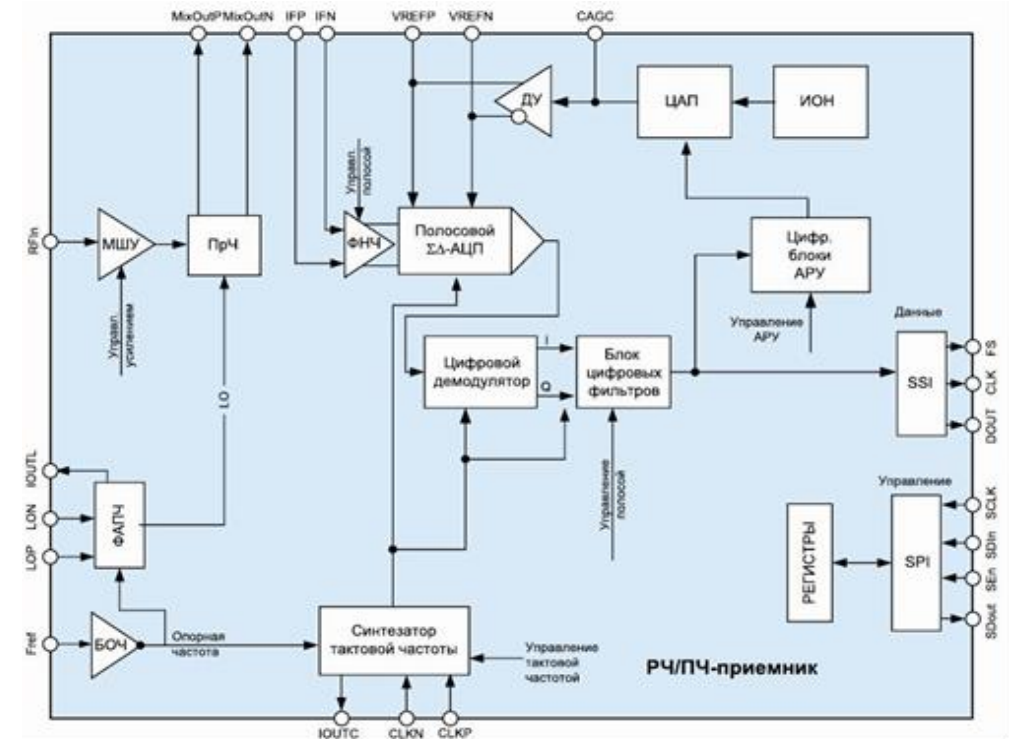


Супергетеродинный приемный тракт с двойным преобразованием частоты и цифровой предобработкой радиочастоты.

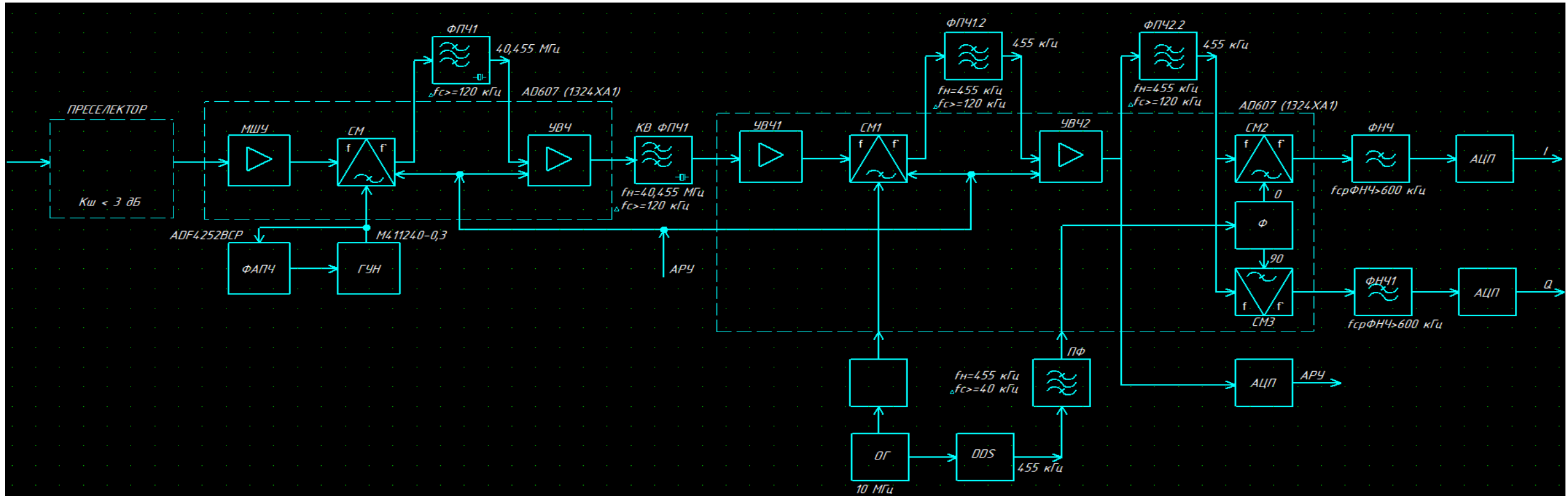


Структурная схема ИМС 1321ХД1У

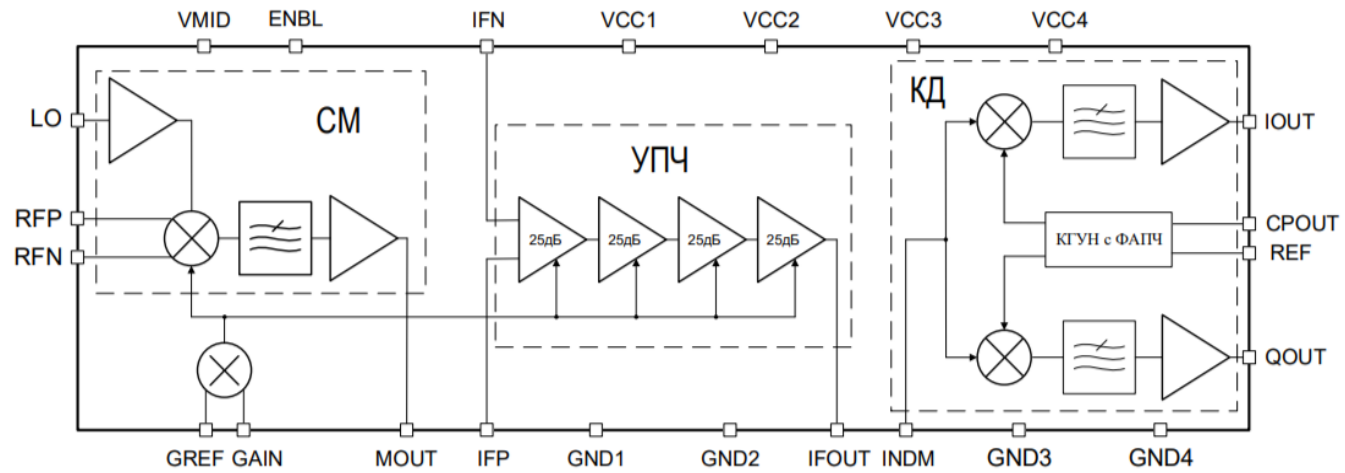
- Диапазон частот по РЧ-входу: 10–300 МГц.
- Диапазон частот по ПЧ-входу: 1,625–3,125 МГц.
- Полоса сигнала: 6,25–100 кГц.
- Системный коэффициент шума в полосе ± 10 кГц: 16 дБ.
- Динамический диапазон: 82 дБ.
- Диапазон АРУ: 24 дБ (12 дБ — аналоговое АРУ, 12 дБ — цифровое АРУ).
- Диапазон опорной частоты: 1–24 МГц.
- Потребление в полнофункциональном режиме: 50 мА.
- Потребление в режиме с внешним гетеродином и тактовой частотой: 40 мА.
- Потребление в режиме пониженного потребления: 10 мкА.
- Напряжение питания на аналоговых выводах: от 3,15 до 3,45 В.
- Напряжение питания на цифровых выводах: от 1,62 до 1,98 В



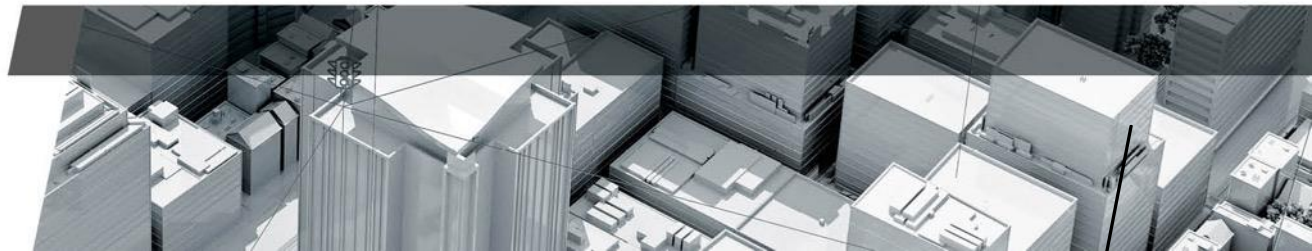
Супергетеродинный приемный тракт с квадратурным выходом



Микросхема K1324XA1Y



CM – смеситель частот; УПЧ – усилитель промежуточных частот; КД – квадратурный демодулятор



Немного о квадратурном приеме

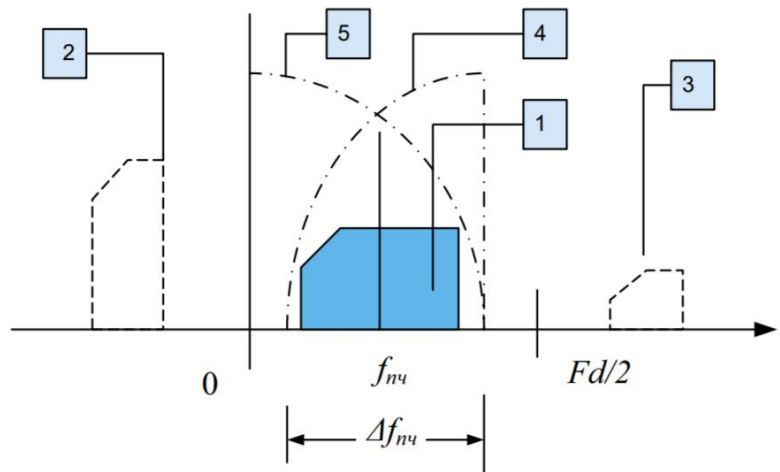
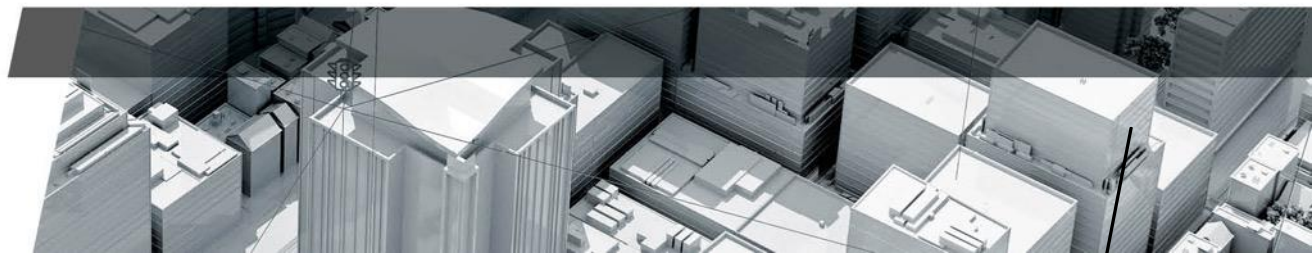
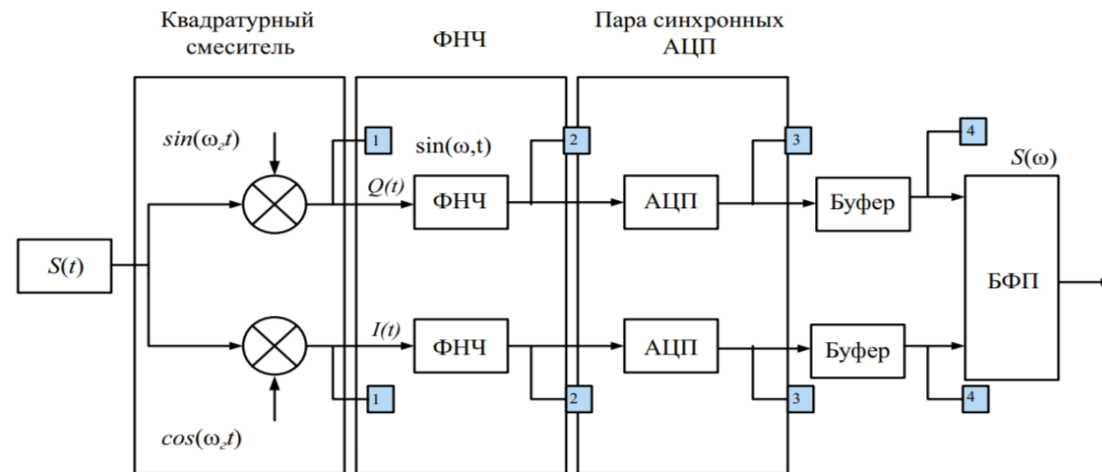
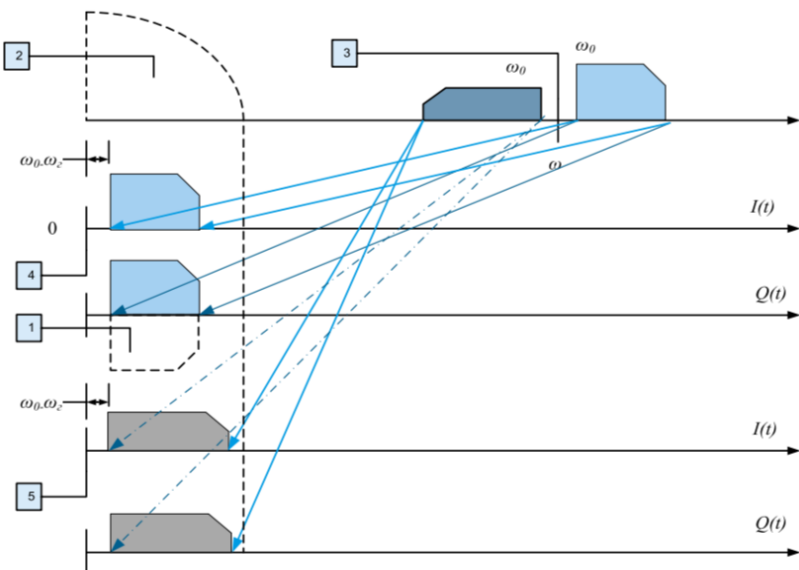


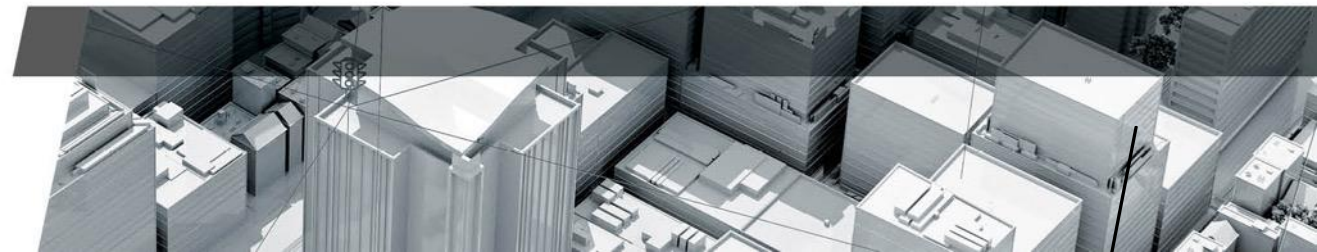
Рис.1. Схема ПЧ классического РПУ. 1 - полезный сигнал, 2 - зеркальный канал, 3 - алайзинг, 4 - фильтр высоких частот (ФВЧ) высокого порядка, 5 - фильтр низких частот (ФНЧ)



Выбор АЦП

АЦП 1299ПВ2У рекомендовано устанавливать в 2 вариант, по сколько данная микросхема способна обеспечить оцифровку радиосигнала с нужной частотой дискретизации, а разрядность оптимальна для получения избыточного количества данных описывающая аналоговый радиосигнал. Микросхема имеет следующие характеристики:

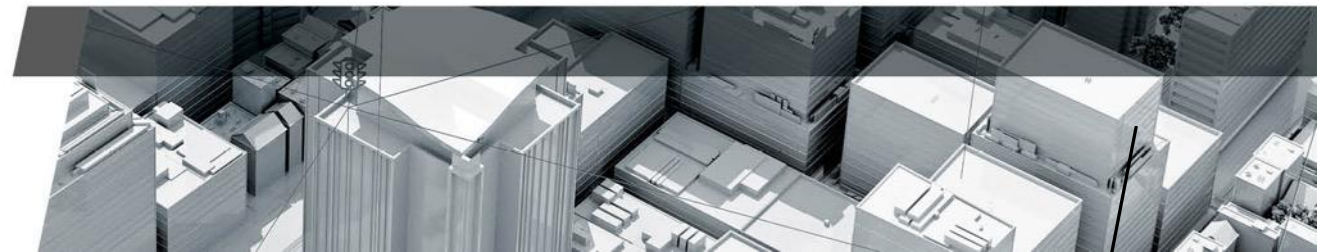
- Разрядность: 10 бит – 1299ПВ1У;
- - 1299ПВ2У не менее 40 МГц;
- Диапазон входного сигнала: от минус 0,3 В до 3,8 В;
- Дифференциальная нелинейность, МЗР: 1,00;
- Интегральная нелинейность, МЗР: 6,00;
- LVDS цифровые выходы данных;
- Диапазон рабочих температур: от -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$;



Заключение



Сравнивая два варианта, можно отметить особенности. Первый вариант обеспечивает удовлетворительную фильтрацию основных видов помех, таких как зеркальный канал и межмодуляционные искажения. Однако, из-за меньшего количества фильтрующих элементов, его избирательность может быть недостаточной в условиях сильных помех. Второй вариант, благодаря более сложной структуре фильтрации, обеспечивает существенно более высокую избирательность и позволяет эффективно подавлять как зеркальный канал, так и высшие гармоники. Несмотря на большую интеграцию, второй вариант может быть более требователен к питанию и обладать более высокой стоимостью и габаритные параметры.



• АО «ОНИИП»



***Спасибо за
внимание!***