

Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники  
(ТУСУР)

# Бытовой SDR радио приемник

Выполнил: студент гр. 141-1  
Шацкий Д.С  
Руководитель: Семенов Э.В

Томск 2014

# Введе

# ние

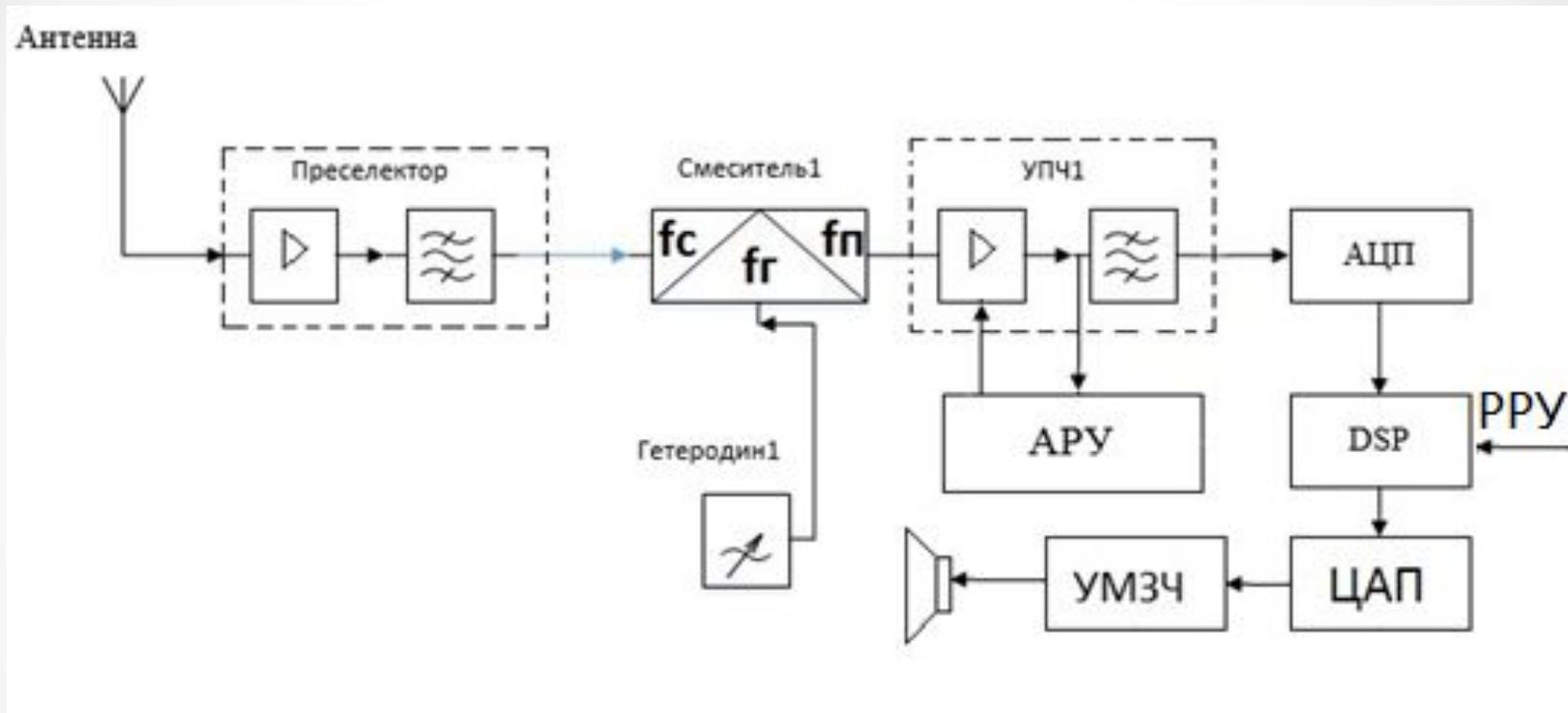
*Задачей курсового проектирования является построение радиоприемного устройства, совмещающего аналоговый тракт (преселектор, УПЧ1) с цифровым (АЦП и DSP)- так называемая схема с цифровой промежуточной обработкой данных (SDR) . В данной схеме аналоговый тракт обеспечивает избирательность по зеркальному каналу и усиление сигнала до уровня, необходимого для работы АЦП, а вся основная обработка сигнала (преобразование на второй промежуточной частоте, детектирование, ослабление соседнего канала) происходит в цифровом тракте.*

***Система SDR (англ. Software-defined radio) имеет ряд преимуществ по сравнению с аналоговой:***

- фильтрация сигнала в цифровом виде близка к идеальной;*
- программная среда очень гибка и адаптивна (основная обработка сигнала происходит программно), что позволяет принимать практически любые радиосигналы ;*
- энергоэффективность цифровых систем выше, чем у аналоговых;*
- системы SDR имеют высокую степень интеграции на печатных платах ,что позволяет значительно снизить массо-габаритные показатели радио приемника.*

*На данном этапе развития цифровой техники ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) очень дешевы и выпускаются с достаточно варьируемыми параметрами. Что является еще одним аргументом в пользу SDR.*

# Расчет структурной схемы радиоприемника



Структурная схема бытового SDR радио приемника

## ***Выбор промежуточных частот***

*По возможности промежуточную частоту приемников ДВ, СВ и КВ диапазонов выбирают из ряда стандартизированных значений: 155; 215; 465; 500; 900; 2200; 4500 кГц; 6,5; 10; 15; 30; 31,5; 38; 60; 70; 100МГц*

## ***Обеспечение избирательности***

*В супергетеродинных приемниках частотная избирательность определяется в основном ослаблениями зеркального и соседнего (или соседних) каналов. В приемниках в одинарным преобразованием частоты ослабление зеркального канала обеспечивает преселектор, ослабление соседнего канала – в основном УПЧ и частично преселектор. Промежуточная частота  $f_{пр}$  должна лежать вне диапазона принимаемых частот  $f_c$ .*

## ***Оценка ослабления первой и второй зеркальной частоты***

*Все расчеты предоставлены в пояснительной записке  
на страницах 8-11*

## Обеспечение чувствительности радиоприемного устройства

Численно чувствительность оценивается минимальным уровнем входного сигнала, обеспечивающим заданную выходную мощность при определенных условиях.

При расчете коэффициент шума задан 30 дБ, что соответствует усилителю низкого класса. Расчеты проведены в программной среде MathCad 15

Все расчеты предоставлены в пояснительной записке на страницах 11-12

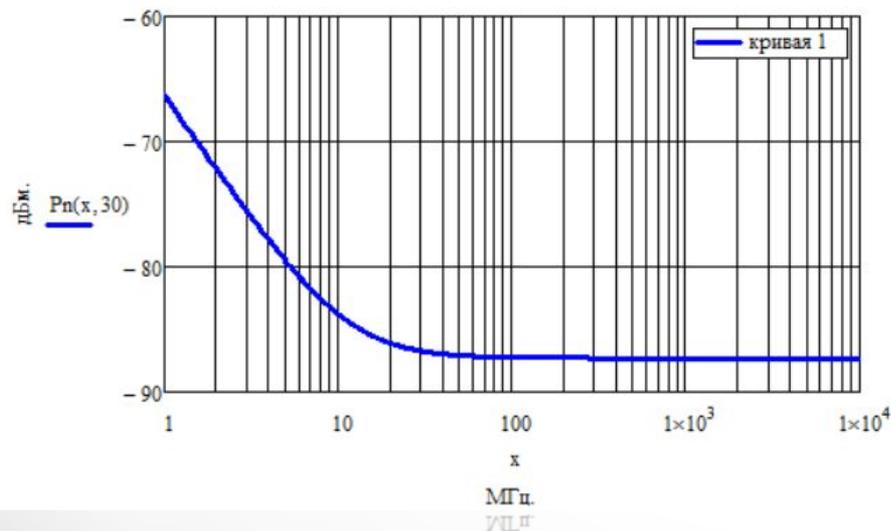


график шумовой зависимости

## **Требования к блоку АЦП и сигнальному процессору**

Для того, чтобы преобразовать непрерывный сигнал в цифровой, нужно использовать аналого- цифровой преобразователь (АЦП).

Требования к АЦП так же много, как и другим блокам приемного устройства. Один из важных параметров – это быстродействие процессора.

Имеется два этапа осуществления АЦП:

- квантование во времени непрерывного сигнала  $u(t)$ ;
- оцифровка каждого отсчета;

### **Цифровой сигнальный процессор должен:**

- Обеспечить односигнальную избирательность по соседнему каналу при расстройке  $\pm 9\text{кГц}$  не менее 40 дБ;
- Иметь достаточное быстродействие;
- Обеспечивать ручную регулировку усиления 50 дБ;

Этим требованиям отвечает цифровой сигнальный процессор для SDR радио 1288XK1T (MF-01).

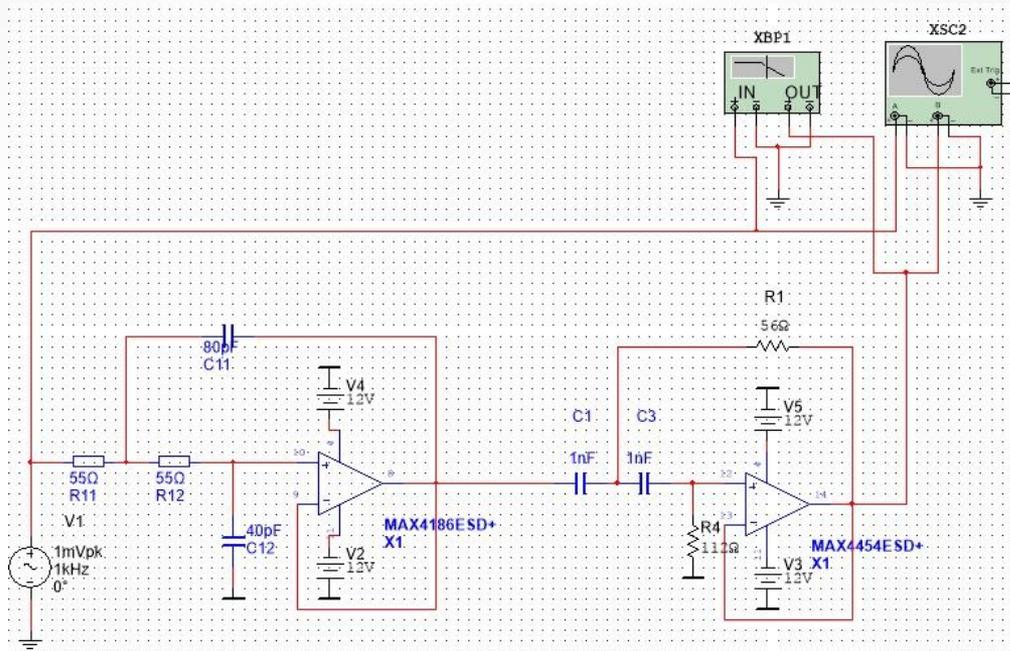
# *Расчет приемника на уровне принципиальных схем*

## *Расчет преселектора*

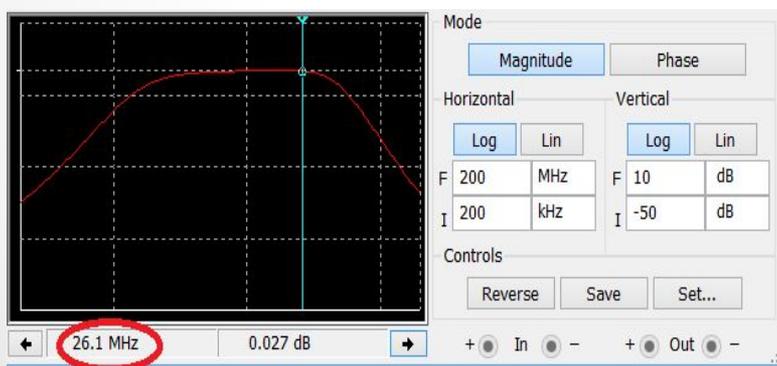
*Преселектор необходим для подавления первой зеркальной частоты и предварительной селекции сигнала. В п. 1.5 в качестве преселектора был выбран совмещенный фильтр Саллена-Кея с единичным усилением. Расчет проведен в программной среде MathCad 15*

*Все расчеты предоставлены в пояснительной записке на страницах 16-18*

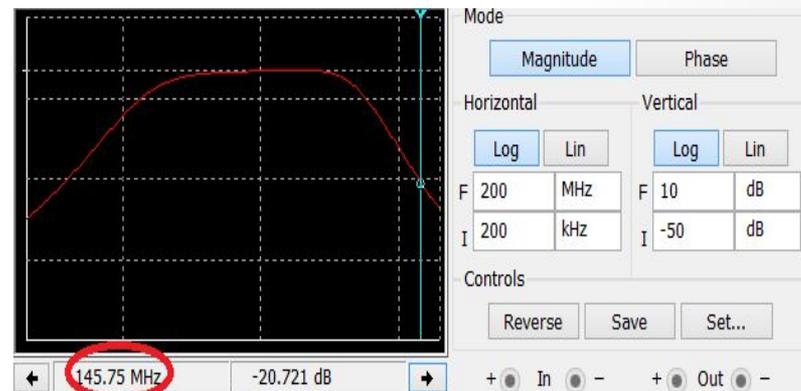
*В качестве усилительного элемента в ФНЧ выбираю операционный усилитель MAX4186ESD+, а в ФВЧ- широкополосный операционный усилитель MAX4454ESD+. На рис. 2.1 привожу схему, собранную для моделирования в программной среде Multisim 13 и экспериментально доказываю верность расчетов.*



*схема эксперимента по исследованию УРЧ*



*АЧХ спроектированного преселектора*

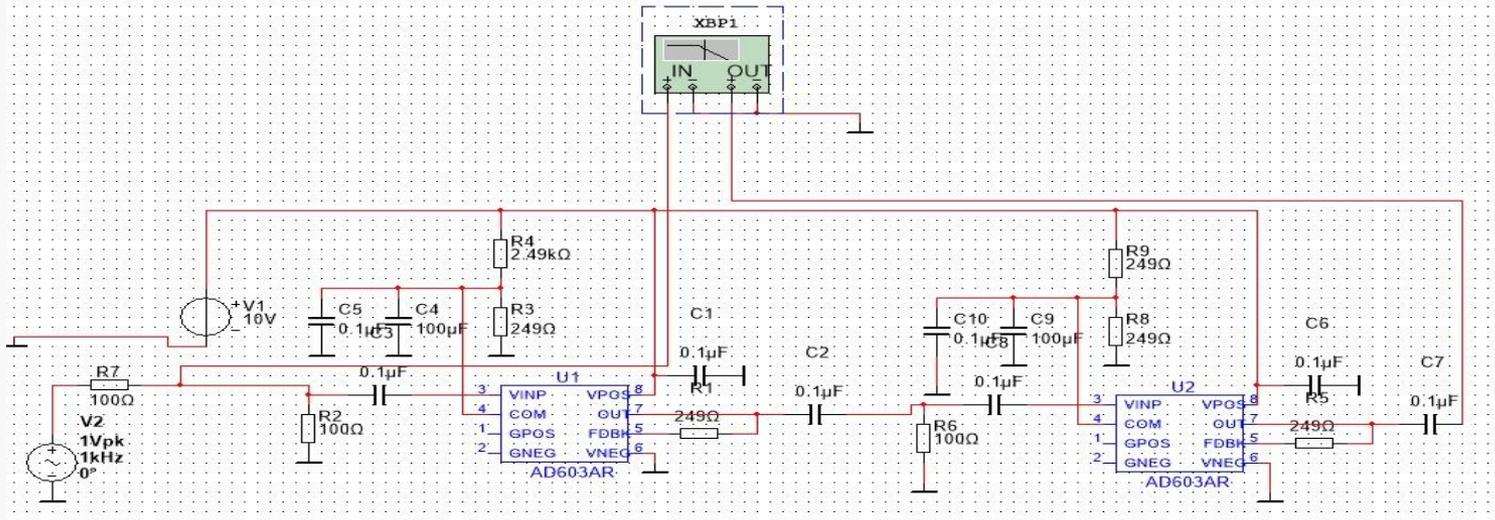


*значение сигнала на зеркальной частоте*

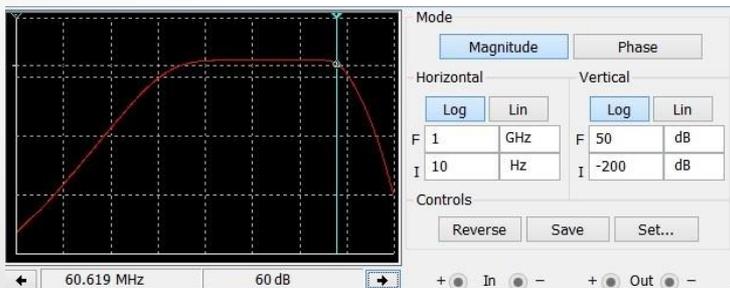
# Расчет первого усилителя промежуточной частоты

В качестве УПЧ1 выбираю широкополосный каскад на ОУ с ПАВ фильтром в нагрузке для обеспечения требуемой по ТЗ селективности проектируемого приемника.

В качестве усилительных элементов выбираю две микросхемы AD603AR. Необходимые расчеты проведены в среде MathCad 15



широкополосный усилитель без ПАВ фильтра в нагрузке



АЧХ широкополосного усилителя без ПАВ фильтра в нагрузке

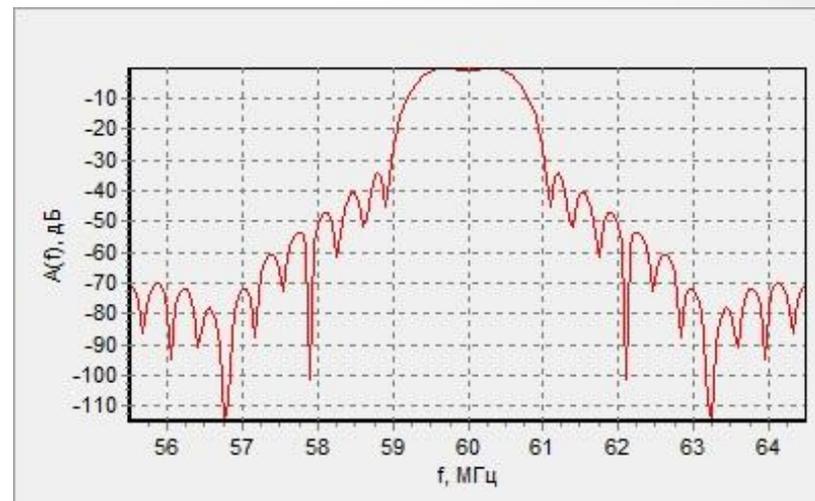
С помощью программной среды «Расчет ПАВ фильтров» проектирую фильтр с необходимыми мне параметрами.

ПАРАМЕТРЫ ПАВ-ФИЛЬТРА	
Центральная частота	60 [МГц]
Полоса пропускания	1,5 [МГц]
Относительная полоса	2,5 [%]
Апертура ВШП в длинах волн	50
Пьезоэлектрический монокристалл	Ниобат лития(YZ)
Коэффициент электромеханической связи	4,6 [%]
Скорость акустической волны	3488 [м / сек]
Относительная диэлектрическая проницаемость	50,2
Расстояние между ВШП в длинах волн	20

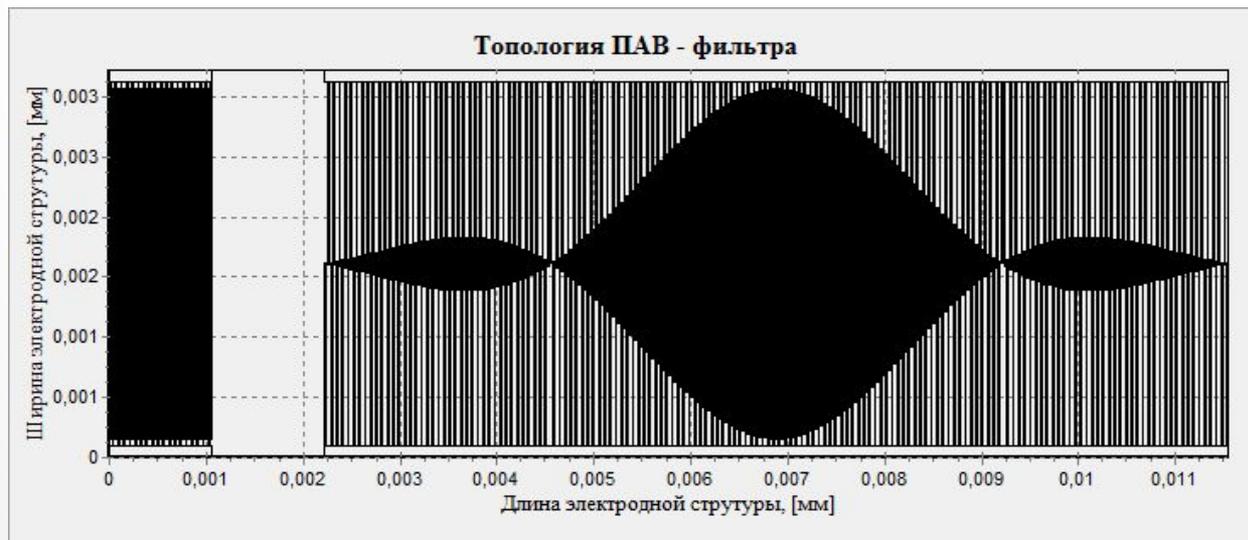
  

ВХОДНОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	ВЫХОДНОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
ВШП: Без аподизации	Число лепестков функции прототипа: 1
Полоса пропускания входного ВШП: 3 [МГц]	Функция аподизации: <input checked="" type="radio"/> Кайзера <input type="radio"/> Чебышева <input type="radio"/> Гаусса
Относительная полоса: 5 [%]	Параметр функции аподизации: 3
Re: 50 [Ом] Rn: 50 [Ом]	Расщепление электродов: <input type="radio"/> Использовать <input checked="" type="radio"/> Не использовать
Согласующая цепь: <input type="radio"/> Двух элементная цепь <input checked="" type="radio"/> Двух элементная цепь <input type="radio"/> Параллельная индуктивность <input type="radio"/> Последовательная индуктивность	Наклонный ВШП: <input type="radio"/> Использовать <input checked="" type="radio"/> Не использовать
	Холостые электроды: <input type="radio"/> Использовать <input checked="" type="radio"/> Не использовать
	<input checked="" type="checkbox"/> ОК <input type="checkbox"/> Выход

окно с вводом данных для расчёта фильтра



АЧХ спроектированного УПЧ1



топология ПАВ фильтра

# Система АРУ

Автоматическая регулировка необходима для обеспечения приема при быстро изменяющихся условиях, когда оператор не может действовать с достаточной быстротой и точностью, пользуясь ручными регуляторами. Кроме того, автоматизация позволяет упростить функции оператора либо вовсе исключить необходимость обслуживания приемной аппаратуры

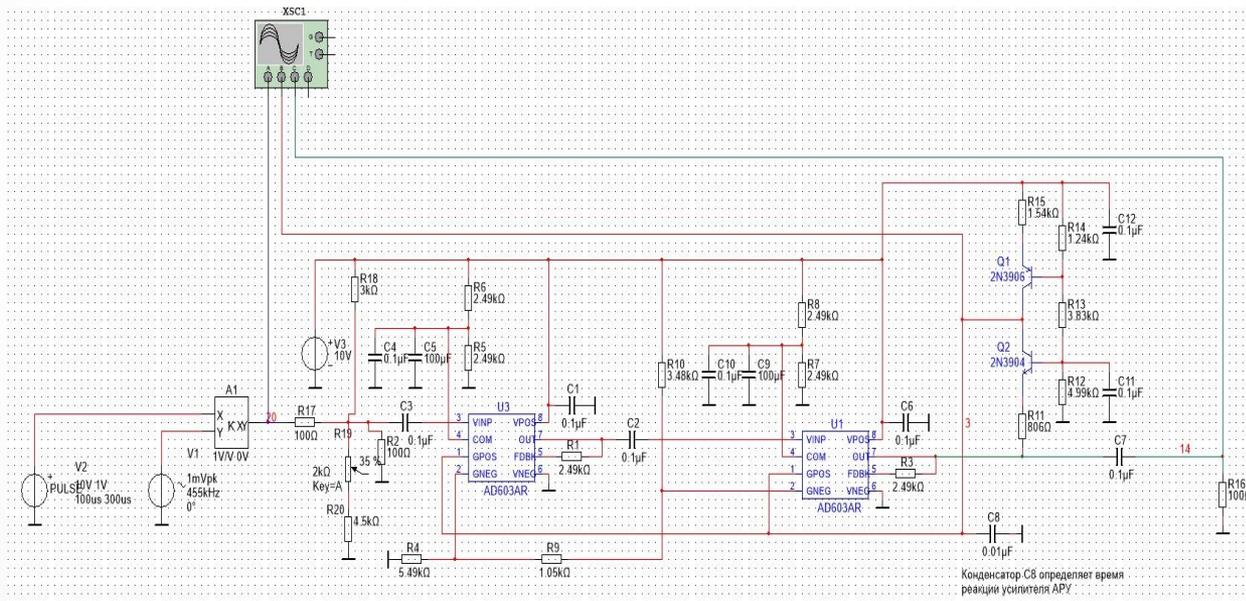
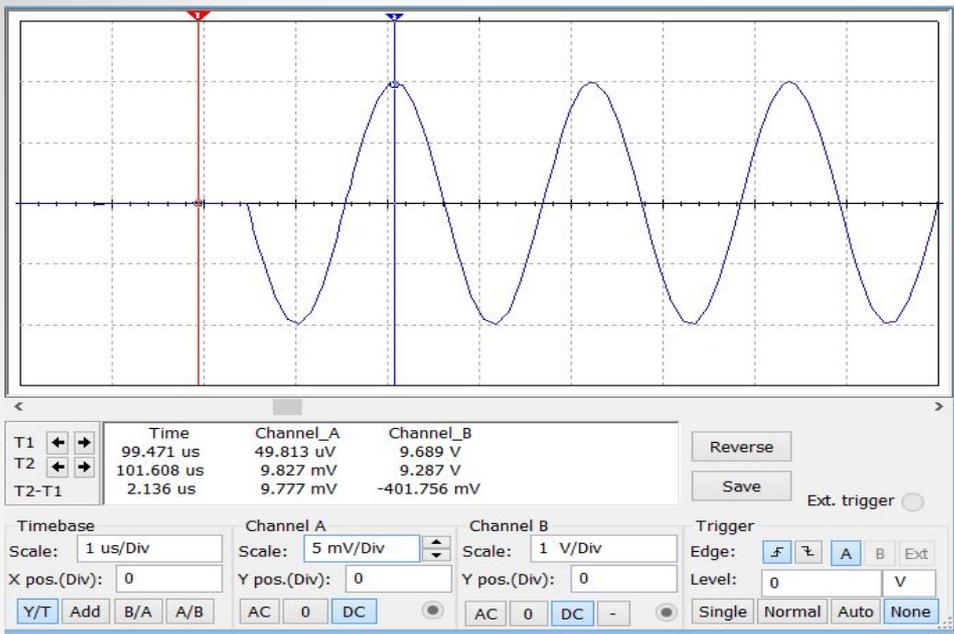
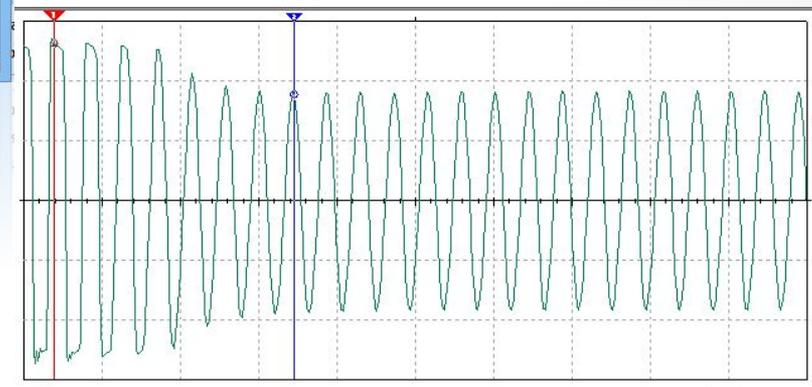


Схема АРУ на широкополосном усилителе УПЧ1



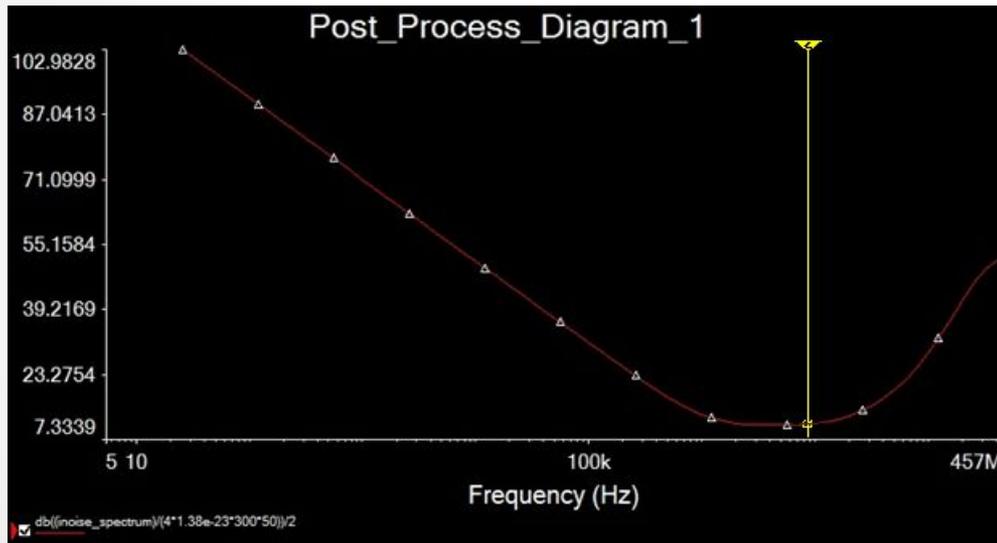
*осциллограмма входного сигнала*



*осциллограмма выходного сигнала*

# Оценка реальной чувствительности приемника

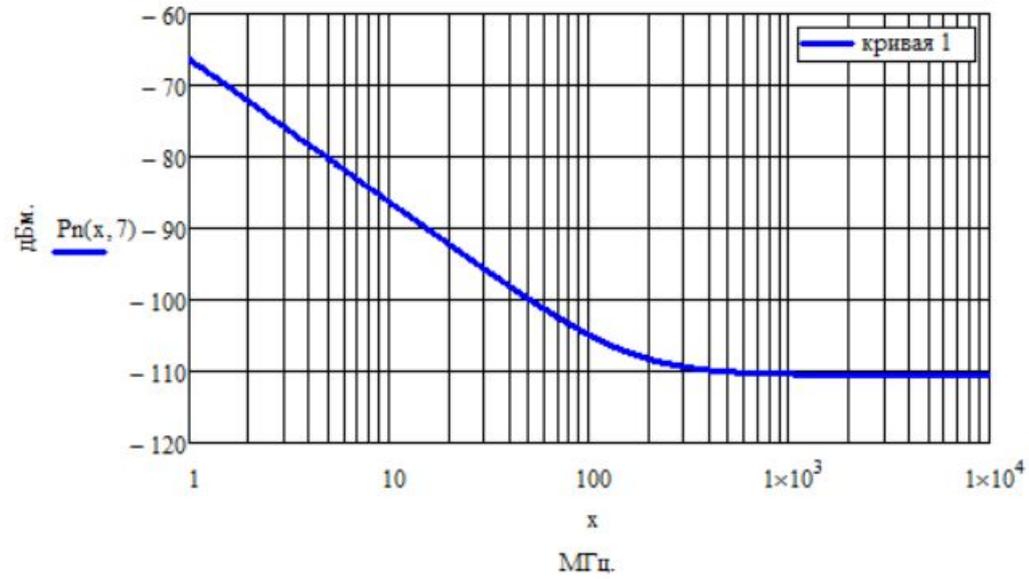
Для определения реального коэффициента шума необходимо использовать программную среду Multisim 13. Чтобы получить график с коэффициентом шума, необходимо сначала запустить: Моделирование – Вид анализа – Шумов. Затем: Моделирование – Постпроцессор – Вкладка (Графопостроитель) – Кнопка (Расчитать).



Cursor	
$db((inoise\_spectrum)/(4*1.32e-23*300*50))/2$	
x1	1.0000
y1	131.3234
x2	26.0454M
y2	10.0778
dx	26.0454M
dy	-116.6456
dy/dx	-4.4786μ
1/dx	38.3946n

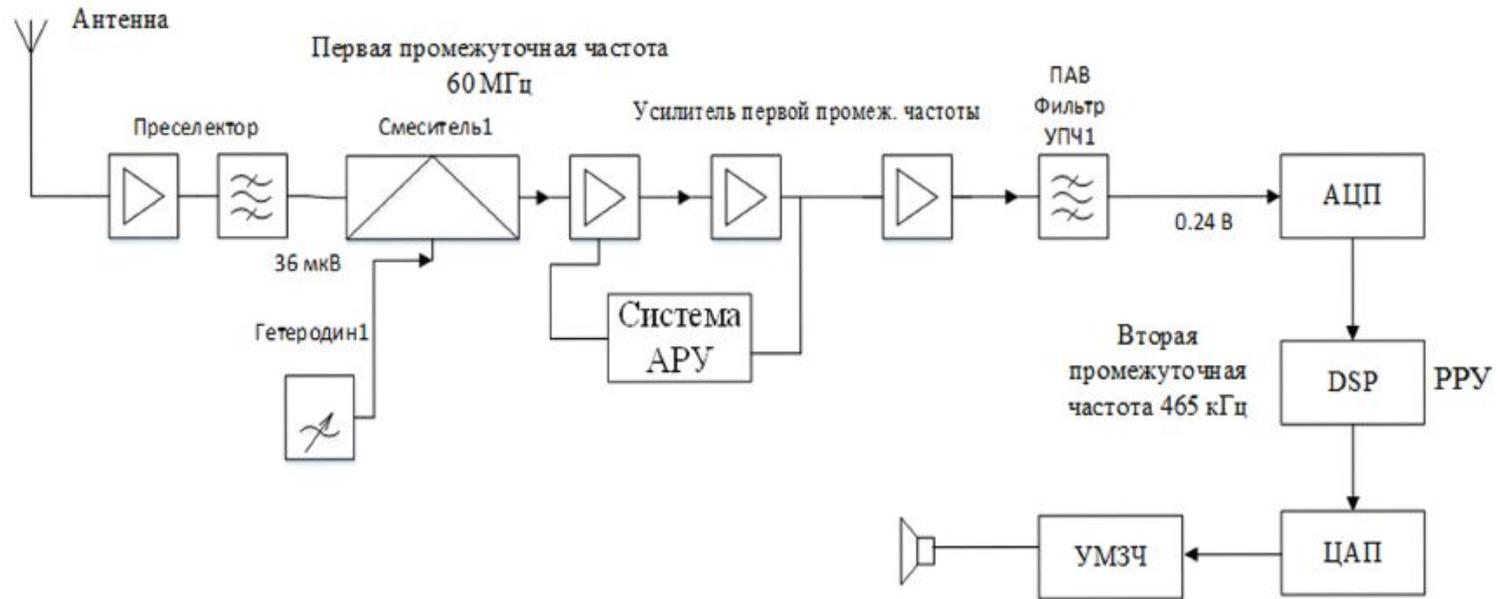
положение курсора

график коэффициента шума преселектора

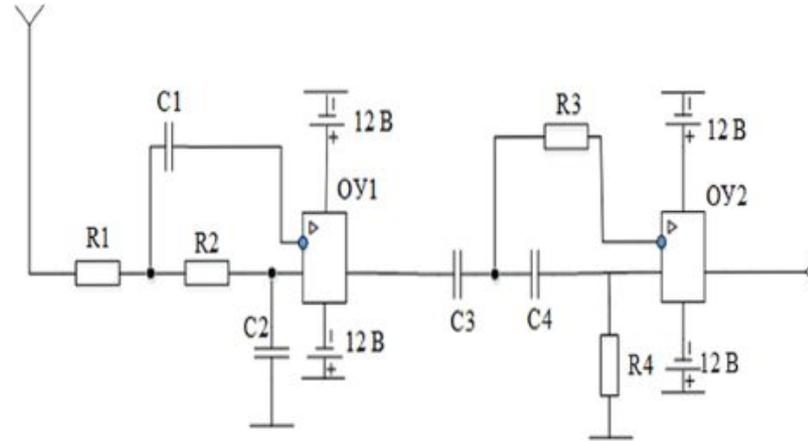


*график реальной чувствительности приемника*

Частота сигнала 25.65-26.1 МГц

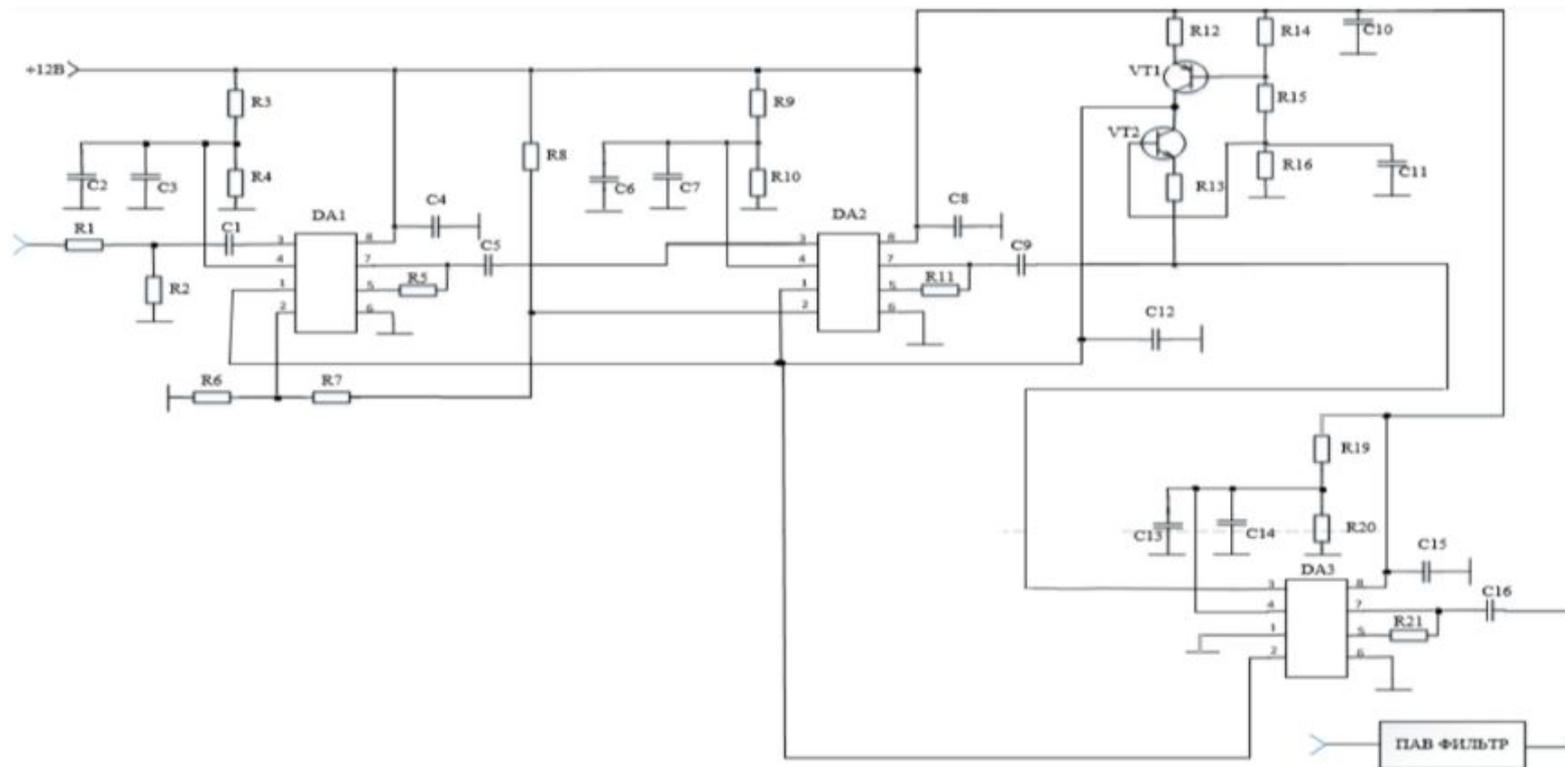


				Структурная схема радиоприемника			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.		Шацкий Д.С.					1:1
Проверил		Сеземова Э.В.					
Т. контроль					Лист 33	Листов 38	
И. контроль					Кафедра РЗИ, гр. 141-1 ТУСУР		
Утв.					Бытовой SDR радио приемник		

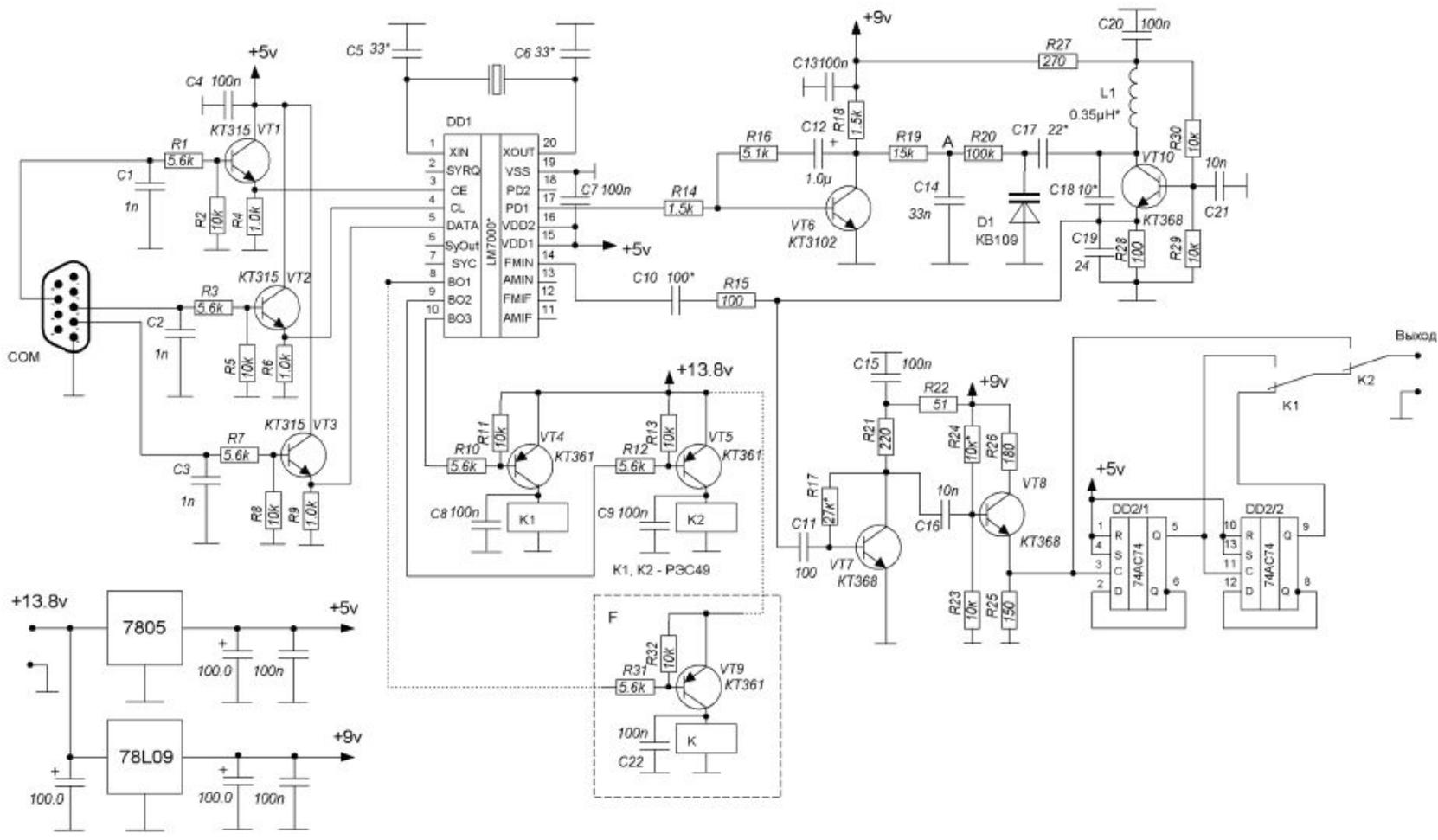


### Принципиальная схема приселектора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литера	Масш	Масштаб
							1:1
Разраб.		Шацкий Д.С.					
Проверил		Семенов Э.В.					
Т. контроль					Лист 34		Листов 38
И. контроль							
Уте.							
<b>Бытовой SDR радио присемник</b>					<b>Кафедра РЗИ, гр. 141-1 ТУСУР</b>		



				Принципиальная схема УПЧ1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.		Шацкий Д.С.					
Проверил		Семелов Э.В.					
Т. контроль							
И. контроль							
Утв.							
					Лист 35 / Листов 38		
					Кафедра РЗИ, гр. 141-1 ТУСУР		



**Принципиальная схема синтезатора частоты**

Изм. Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г</b> <b>К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ</b>	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Проверил	Т. контроль	И. контроль				1:1
Утв.					Лист 36	Листов 38	
					<b>Бытовой SDR радио приемник</b>		<b>Кафедра РЗИ, гр. 141-1</b> <b>ТУСУР</b>

**Спасибо за  
внимание!**