



Аппаратный модуль генерации белого шума

Научно-исследовательская работа студента группы А08-01

Канышева Антона

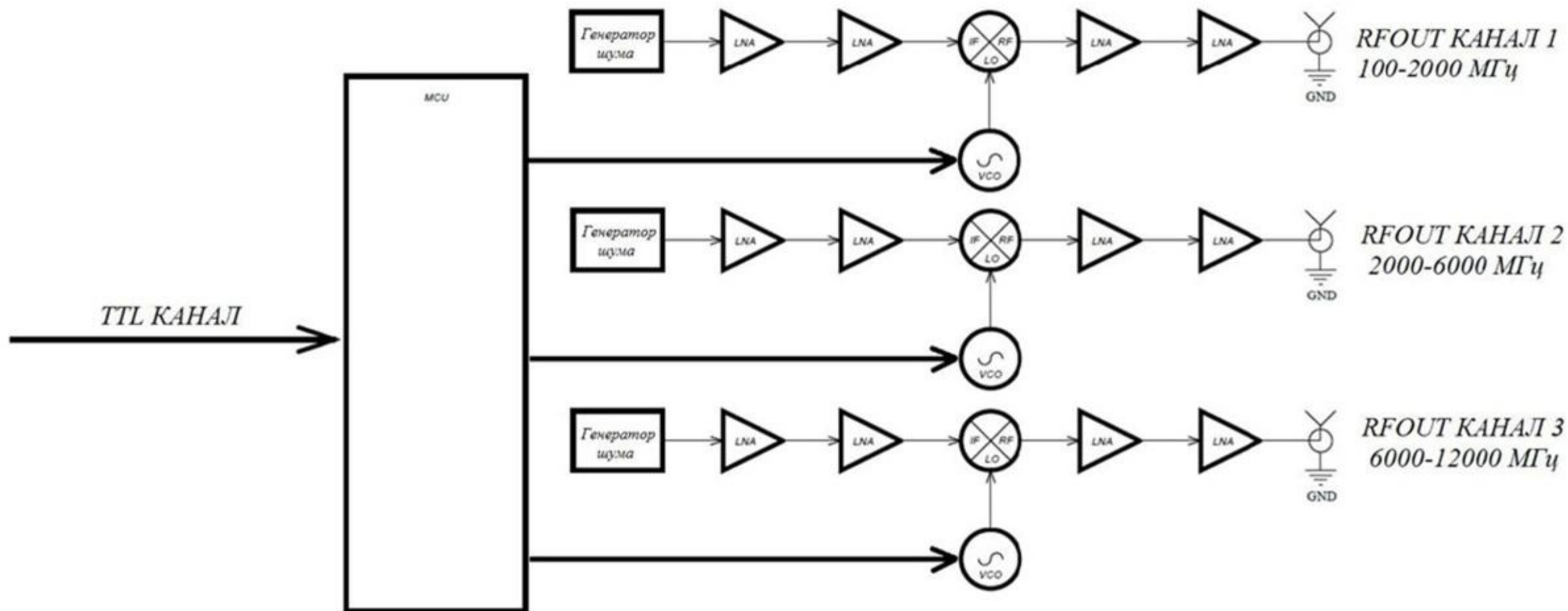
В рамках данной НИРС требовалось разработать:

- Структурная схема аппаратного модуля генерации белого шума;
- Электрическая принципиальная схема аппаратного модуля генерации белого шума;
- Проект печатной платы аппаратного модуля генерации белого шума;
- Конструкторская документация на аппаратный модуль генерации белого шума.
- Опытный образец аппаратного модуля генерации белого шума;

Общие теоретические сведения о генераторах радиошума

Принцип действия генераторов шума основан на свойствах лавинного пробоя перехода диода. В начальной стадии лавинного пробоя процесс ударной ионизации оказывается неустойчивым: ударная ионизация возникает, срывается, возникает вновь в тех местах перехода, где оказывается в данный момент достаточная напряженность электрического поля. Результатом случайной неравномерности генерации новых носителей заряда при ударной ионизации являются шумы, которые характерны для определенного диапазона токов.

Была выбрана следующая структурная схема модуля:



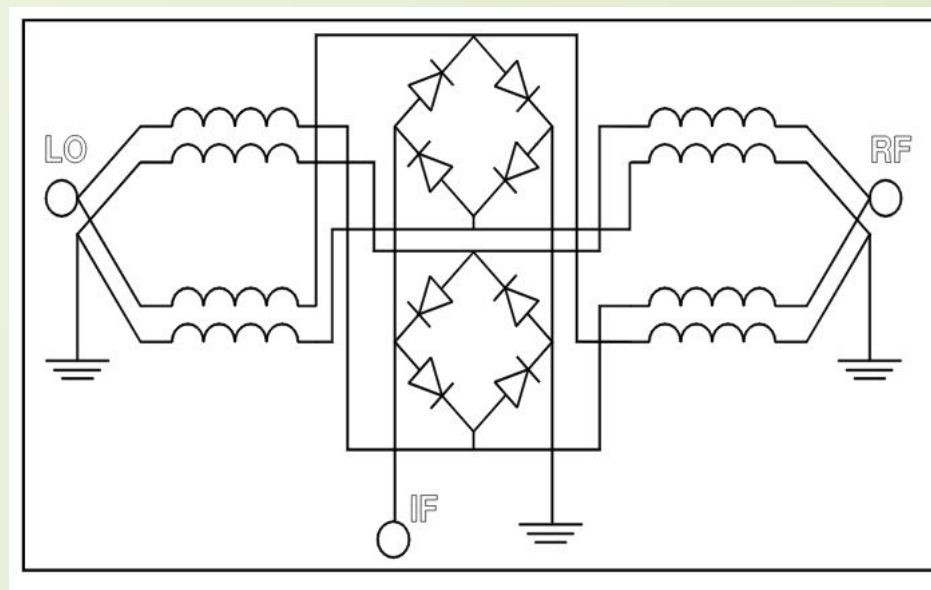
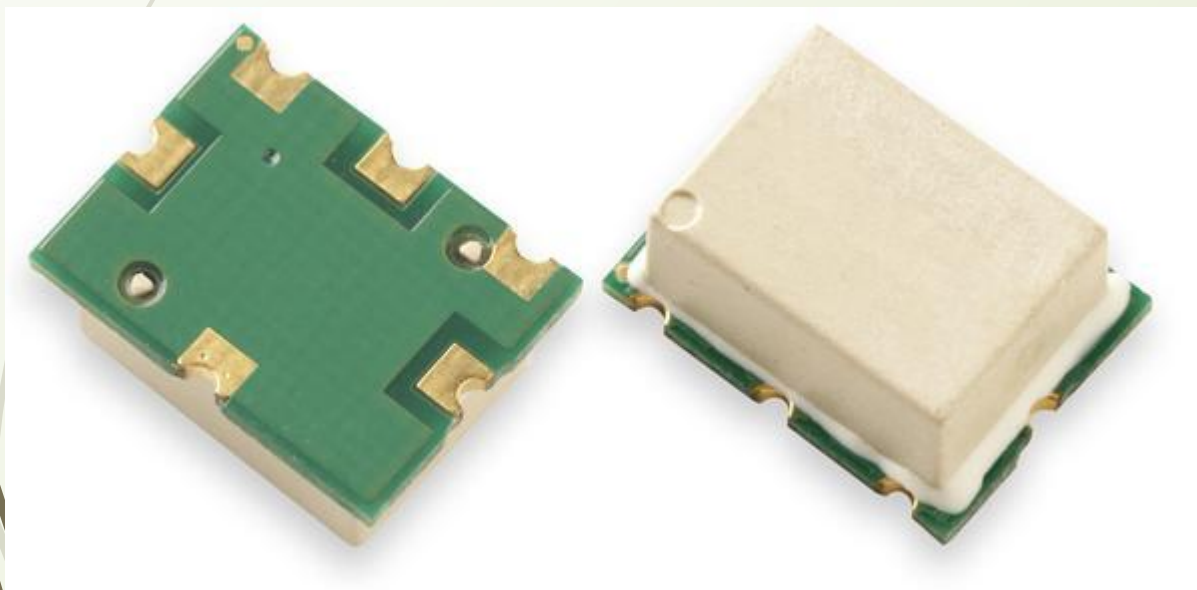
Выбор генератора несущей частоты

№ п/п	Наименование микросхемы	ADF5355	LTC6948-4	HMC807LP6CE
1	Диапазон выходных частот	54 – 13600 МГц	370 – 6390 МГц	100 кГц – 14 ГГц
2	Диапазон входных частот	До 670 МГц	10 МГц	12 – 14 ГГц
3	Напряжение питания	1.8 – 3.6 В	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В
4	Доступность на Российском рынке	Да	Нет	Да
5	Стоимость	1960 рублей	Нет данных	2360 рублей

Выбор смесителей

Первый канал (100 МГц – 2000 МГц)

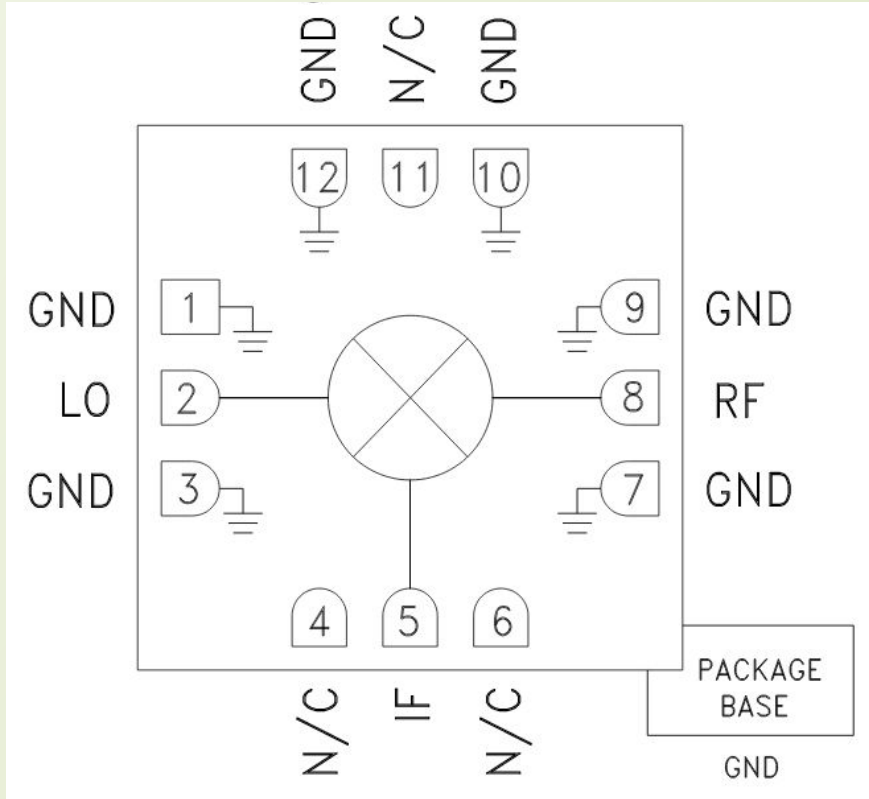
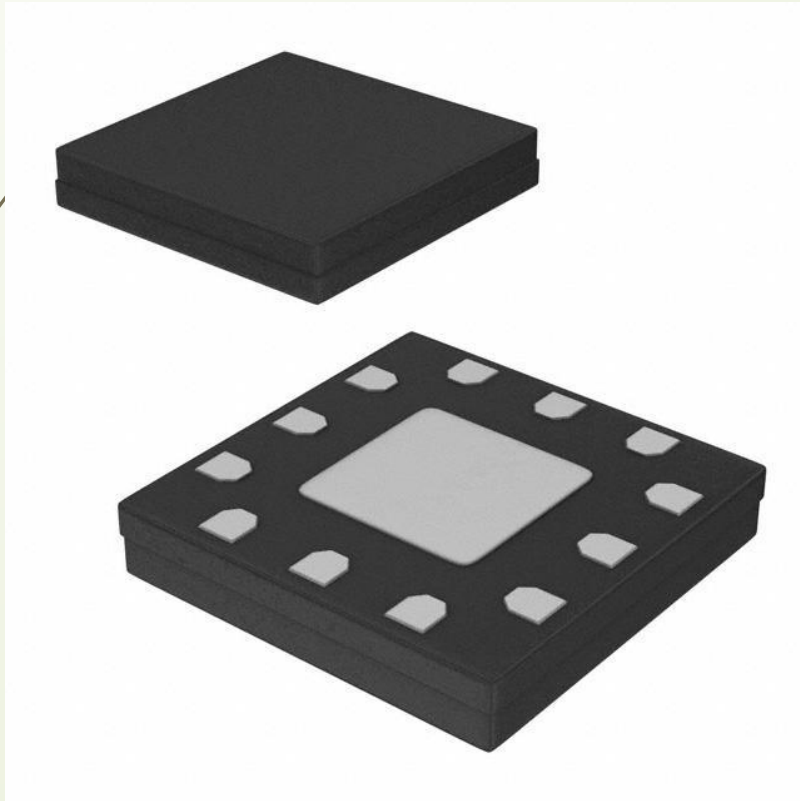
- Микросхема MAMXES0117 производителя M/A-COM Technology.
Предназначена для диапазона 80 – 2500 МГц.



Выбор смесителей

Второй канал (2000 – 6000 МГц)

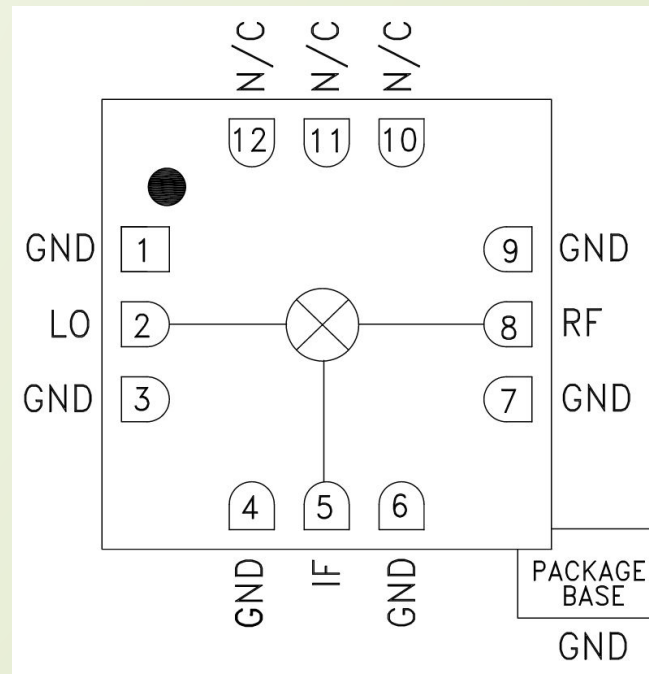
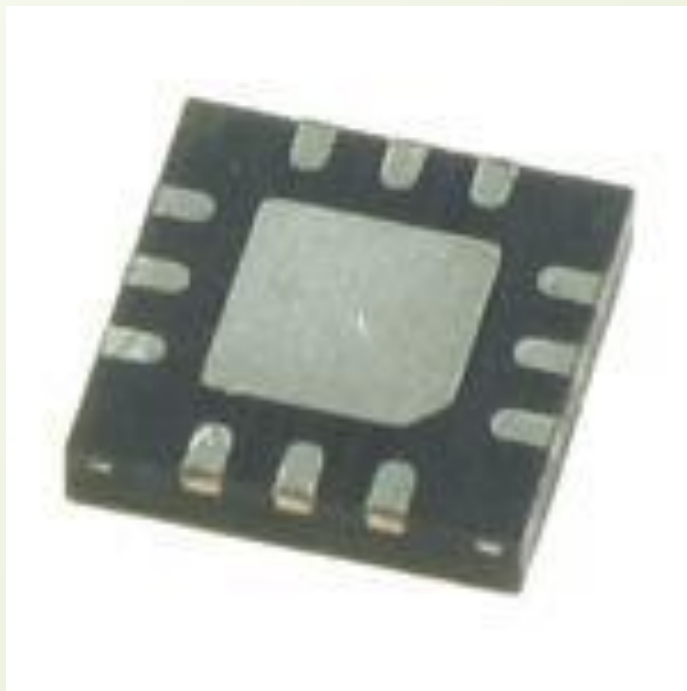
- Микросхема НМС1048 производителя Analog Devices. Предназначена для диапазона 2-18 ГГц



Выбор смесителей

Третий канал (6000 – 12 000 МГц)

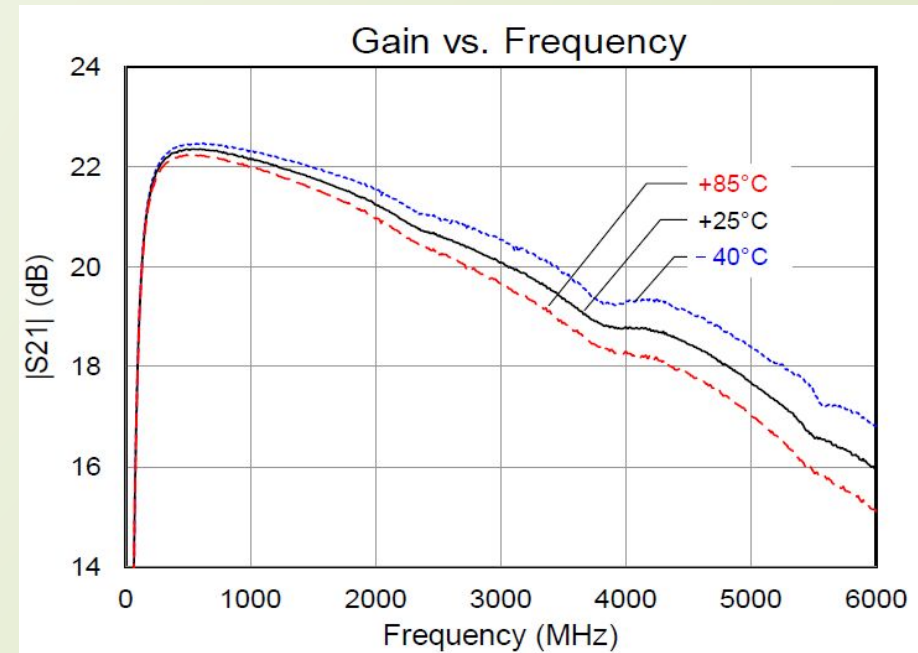
- Микросхема НМС558LC3В производителя Analog Devices. Предназначена для диапазона 5.5 – 14 ГГц



Выбор усилителей

Первый и второй канал (100 – 6000 МГц)

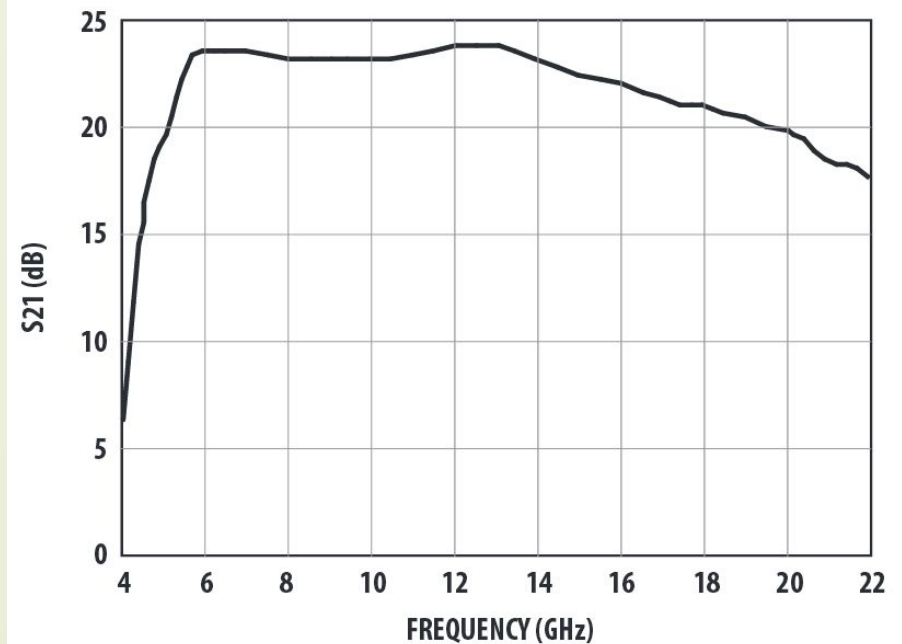
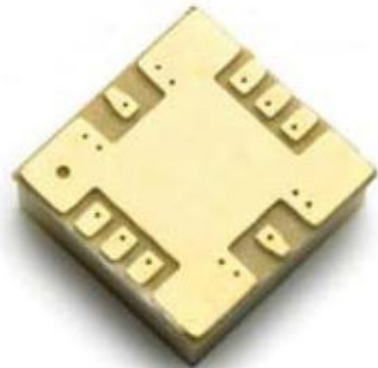
- Микросхема TQP369182. Данный усилитель является радиочастотным усилителем, обеспечивающим широкую полосу пропускания при усилении до 20.7 дБ на частоте 1.9 ГГц и типичный шум в 3.9 дБ



Выбор усилителей

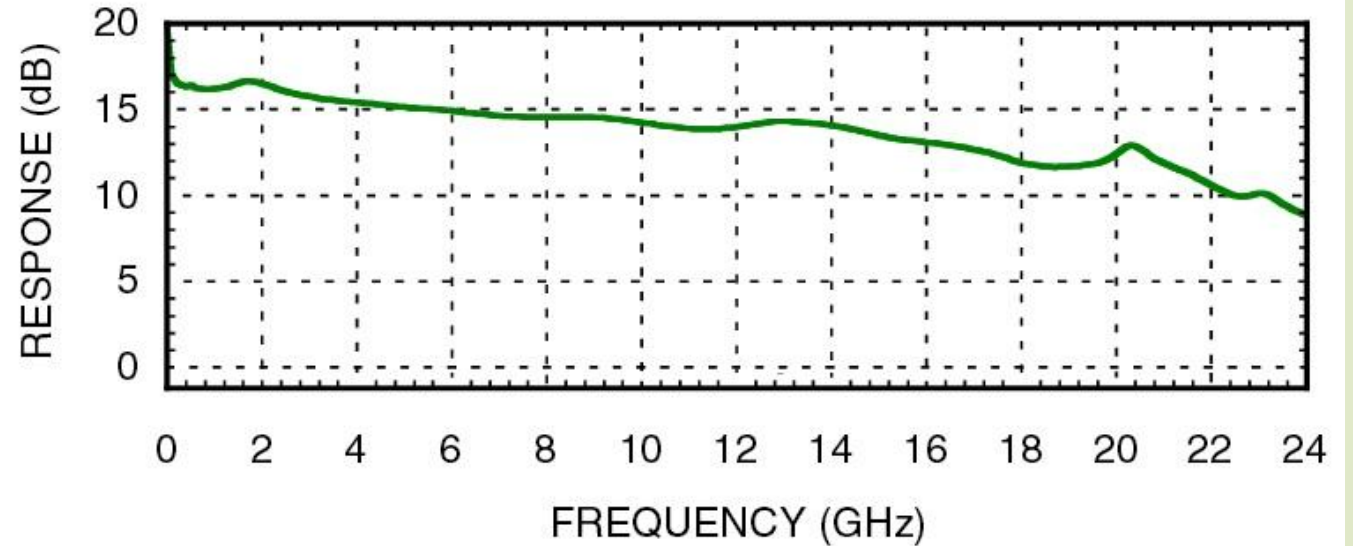
Третий канал (6 – 12 ГГц)

- Микросхема АММР-6220. Данная микросхема является низкошумящим усилителем с полосой пропускания от 6 ГГц до 20 ГГц, обеспечивающая усиление в 22 дБ и типичный шум в 2.5 дБ



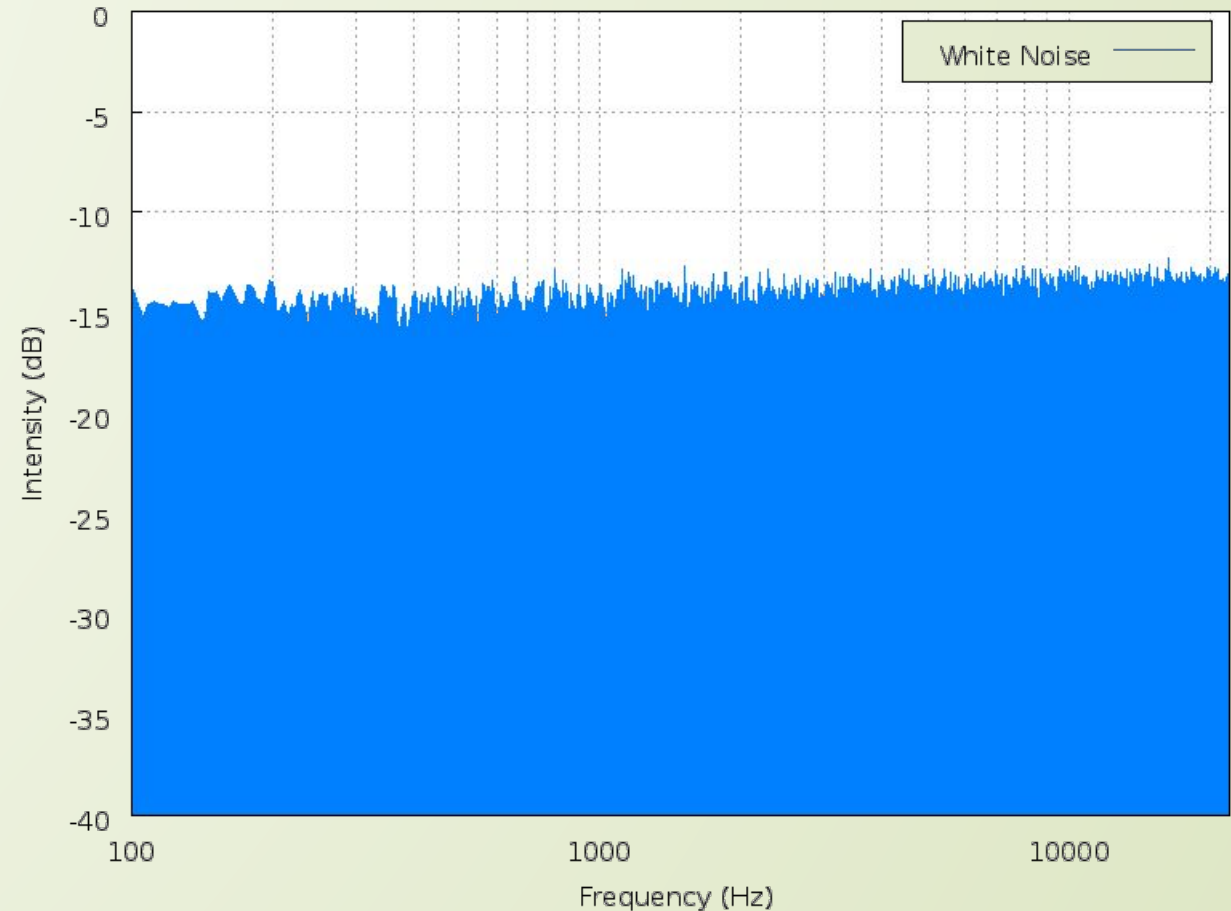
Усиление сигнала генератора несущей

- Микросхема НМС1049LP5Е. Обладает усилением в 14.5 дБ, полосой пропускания в 0.3-20 ГГц и типичным шумом в 1.8 дБ



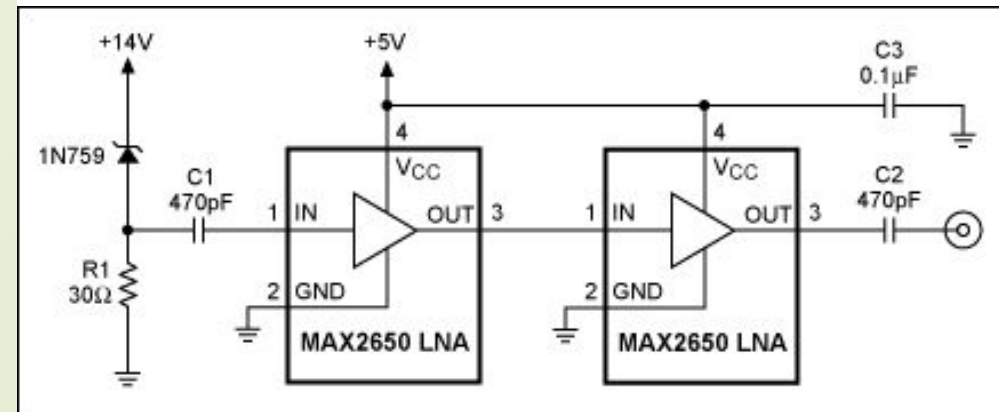
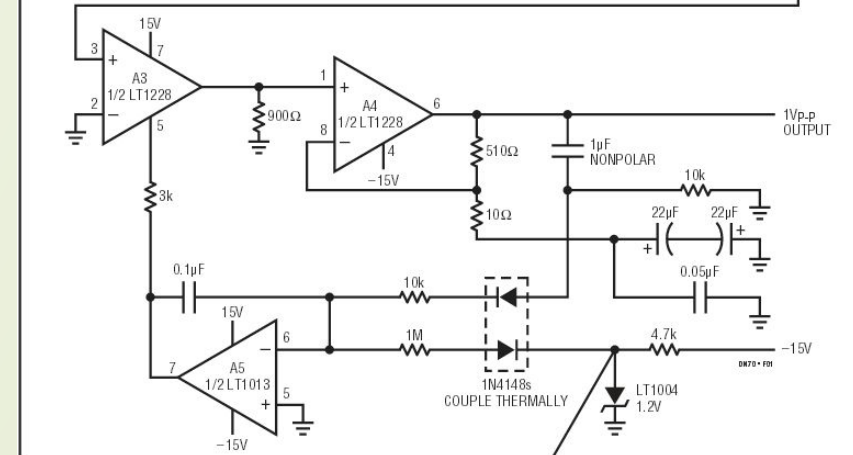
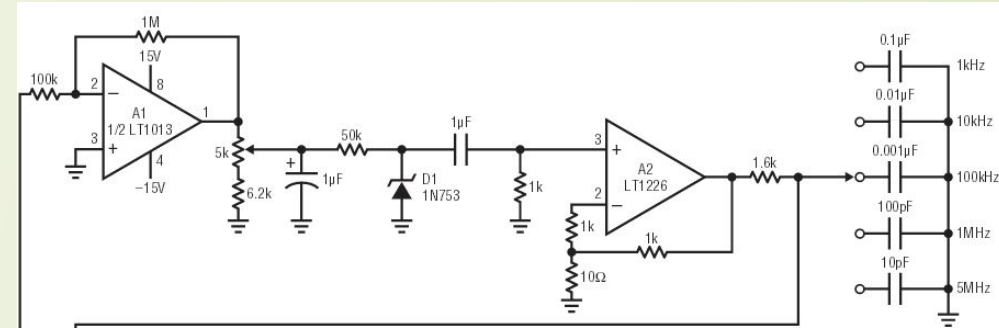
Выбор схемы генерации шума

- Шум — беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. В рамках данной НИРС требовалось создание генератора белого шума. Белый шум — стационарный шум, спектральные составляющие которого равномерно распределены по всему диапазону задействованных частот.

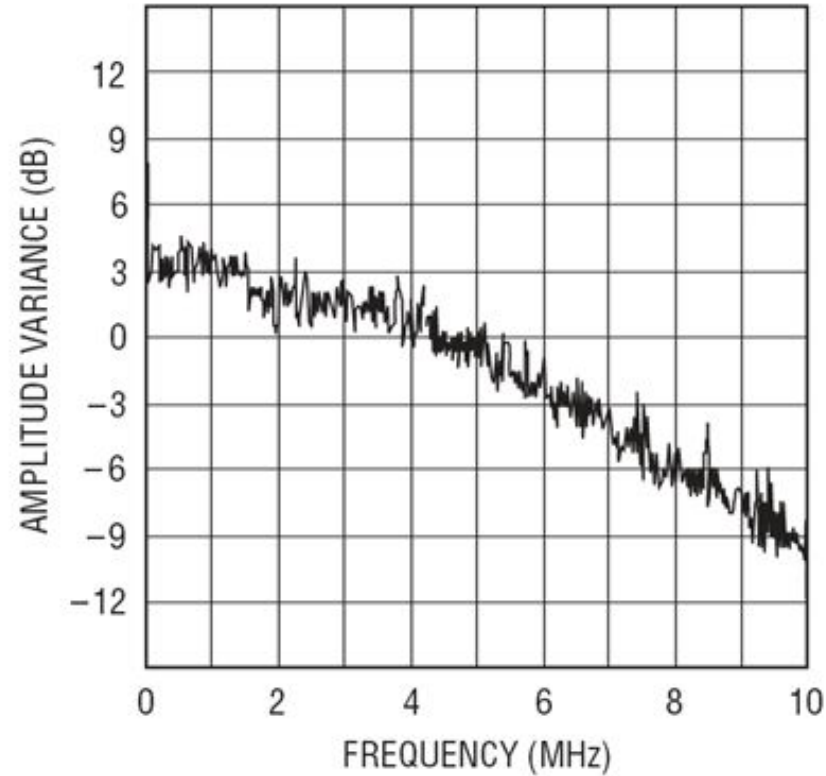
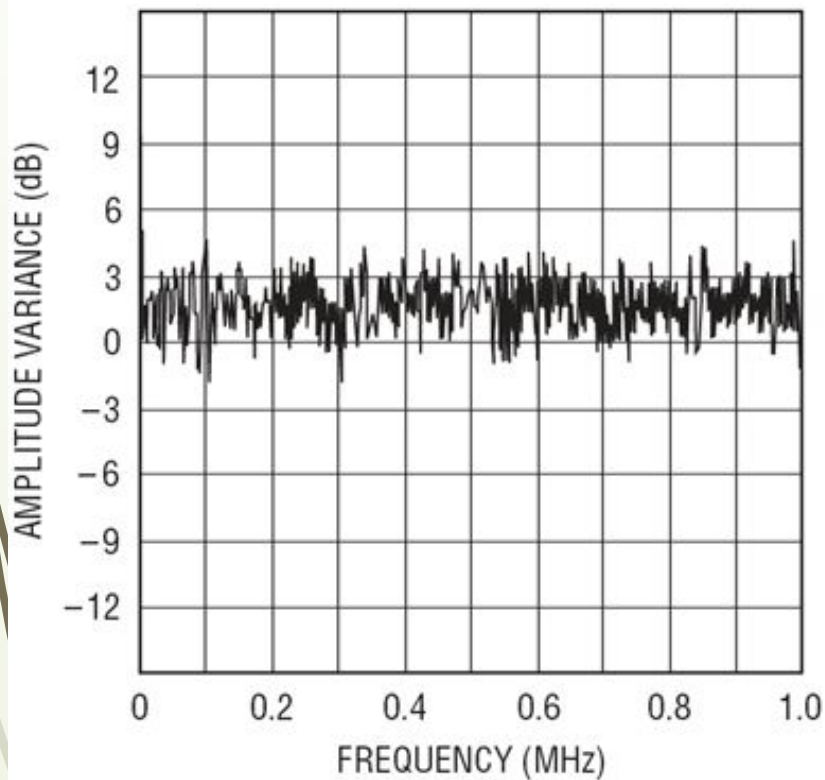


Выбор схемы генерации шума

- Были рассмотрены две схемы генерации шума, фигурирующие в статьях **A Broadband Random Noise Generator** от Linear Technology, авторства Джима Уильямса и **Building a Low-Cost White-Noise Generator** от Maxim Integrated.
- Схема LT является генератором белого шума с регулируемой полосой пропускания. Регулирование полосы пропускания данного генератора ведется с помощью изменения номинала конденсатора.
- Схема MI основана на усилении шума генерируемого диодом Зенера.

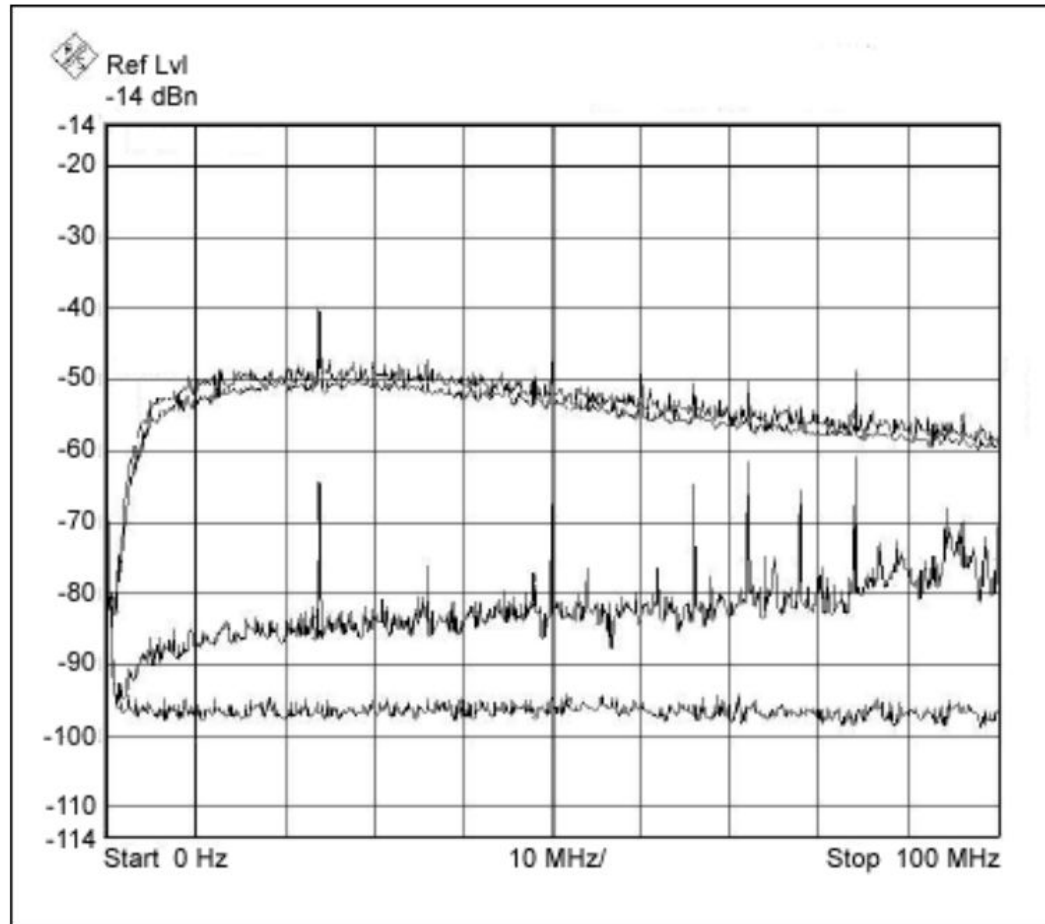


Работа рассмотренных схем



- Основной проблемой генератора Linear Technologies является узкая полоса выходного шума. Максимальная полоса, на которой шум все еще можно считать белым является DC-1 МГц, т.к. далее шум становится розовым.

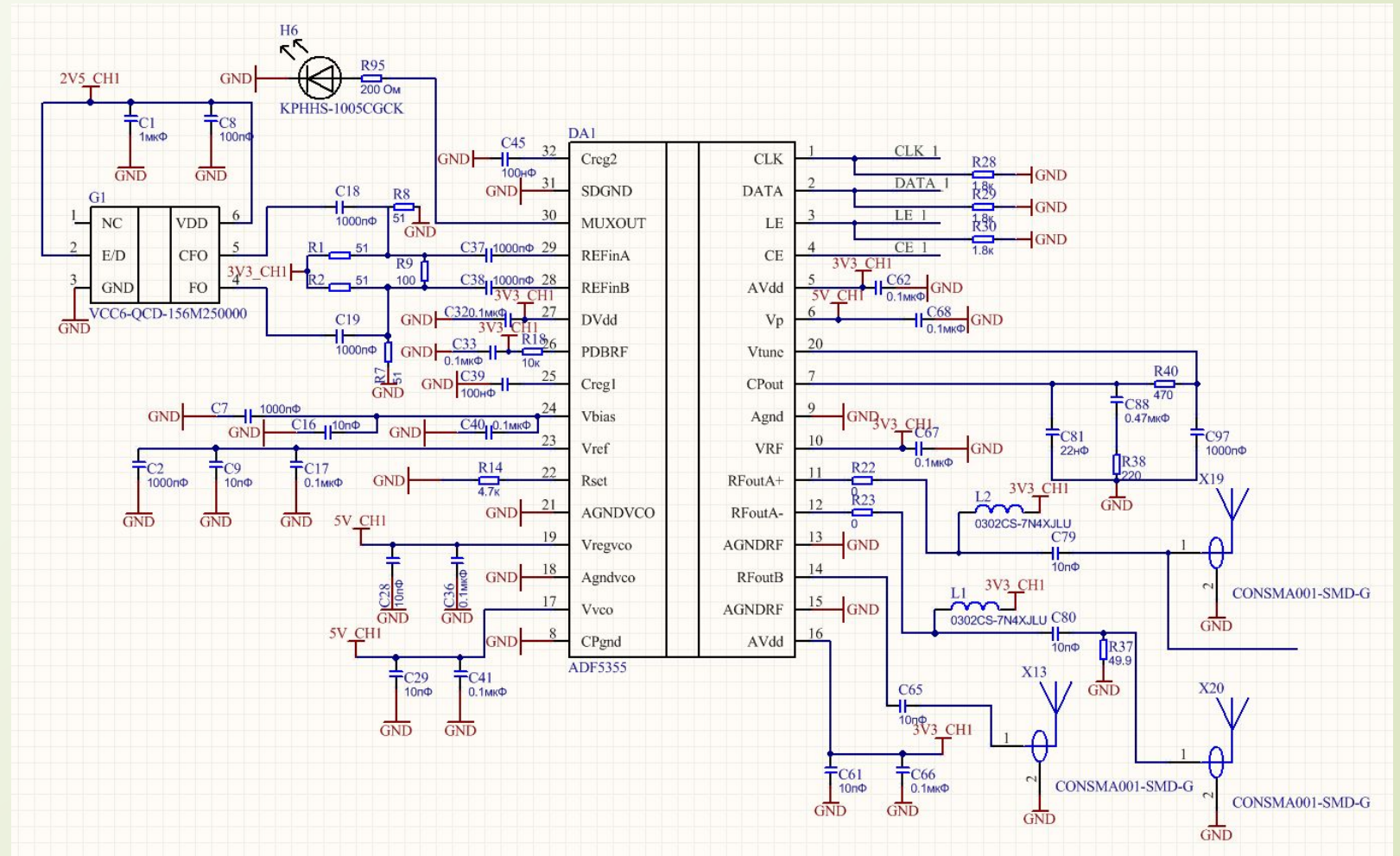
Работа рассмотренных схем



- На ЛАФЧХ работы схемы Maxim Integrated отображены, снизу вверх:
 - Фоновый шум компонентов, снимаемый при выключенной цепи
 - Шум LNA усилителей, при выключенном диоде
 - Общий шум схемы при пробое 10 мА и 60 мА диода соответственно
- Из ЛАФЧХ видно, что даже максимальном усилении, обеспечиваемом выбранным каскадом, (38 дБ ~ 40 дБ) сигнал не поднимается выше ~-45 дБ. Однако, в отличие от первой предложенной схемы, данная реализация обладает большей линейностью амплитудной характеристики на всем диапазоне частот. Таким образом, для дальнейшей разработки была выбрана именно эта схема.

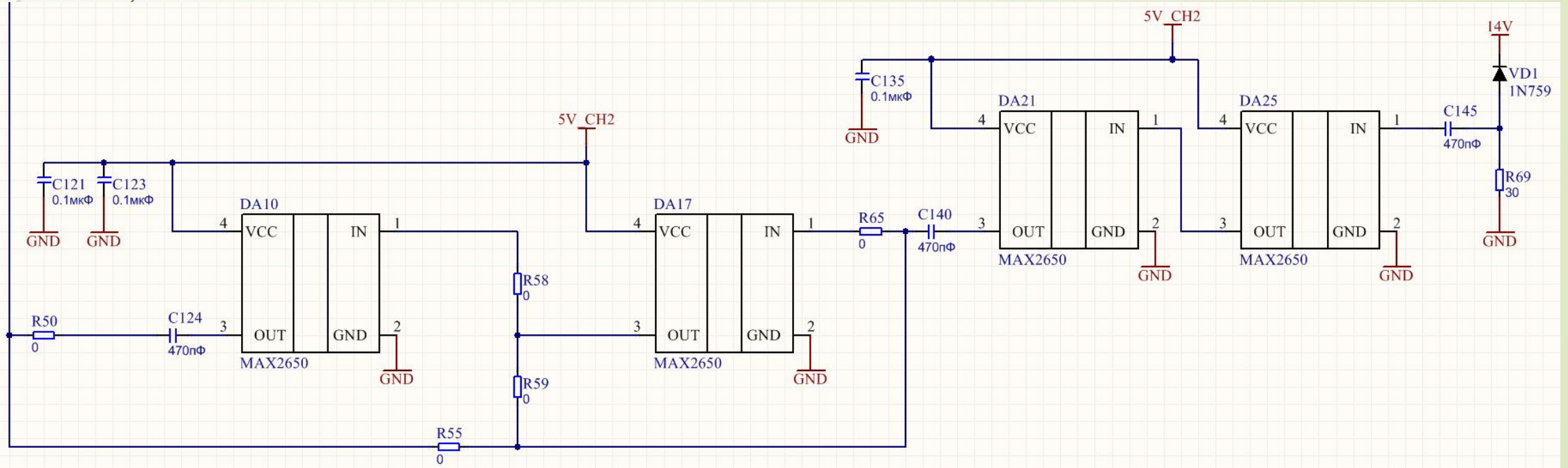
Разработка электрической принципиальной схемы

- На основе технической документации микросхемы ADF5355 было разработано следующее схемотехническое решение подключения микросхемы.



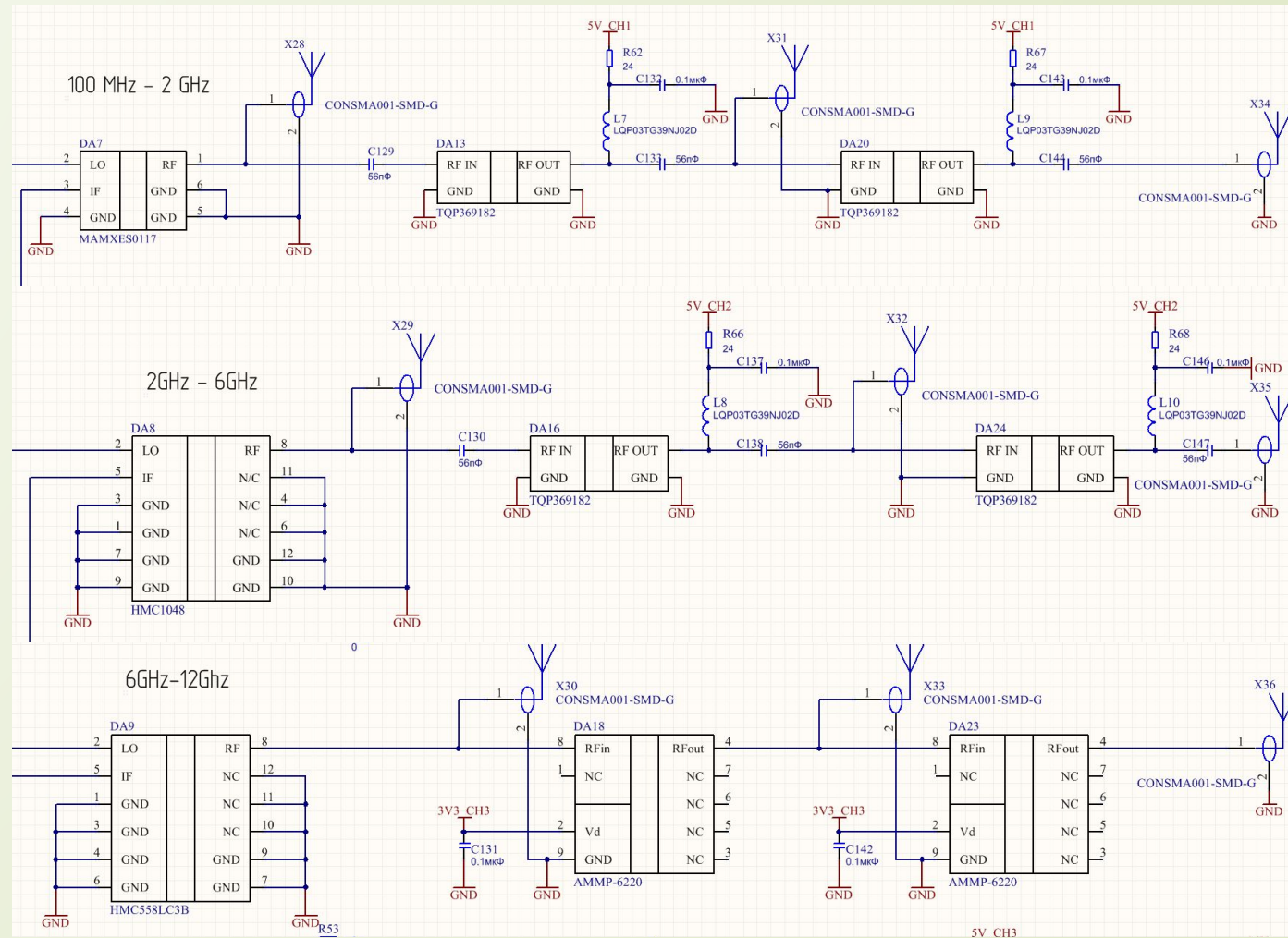
Разработка электрической принципиальной схемы

- В отличие от схемы, предлагаемой Maxim Integrated, реализованная схема генератора шума включает в себя каскад из 2 – 4 усилителей, вместо 2. Включение дополнительных усилителей в каскад осуществляется напайкой резисторов-перемычек, обладающих сопротивлением в 0 Ом.

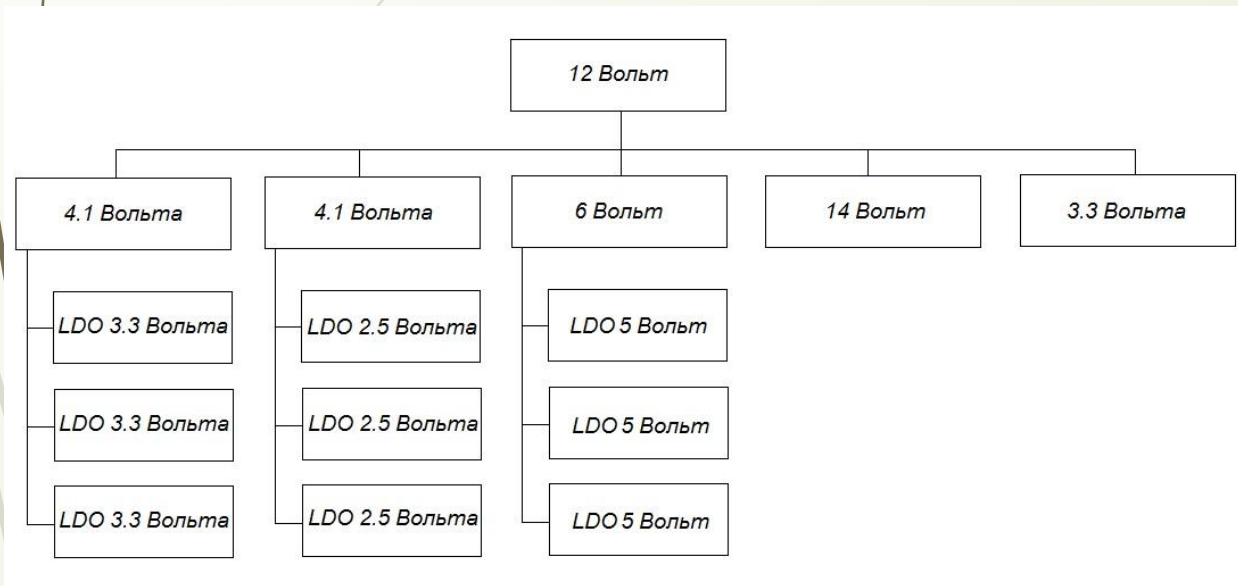


Разработка электрической принципиальной схемы

На рисунке справа видно реализацию каскадов усиления каждого канала. На схеме видно смесители, усилители и выходные разъемы каждого канала. Каждый канал обладает несколькими SMA разъемами, для облегчения процесса отладки платы. Разъемы позволяют снимать спектр сигнала в любой точке схемы. Каждый из каналов имеет общую схему генерации шума. Схема генерации несущей частоты так же одинакова для первого и второго каналов.

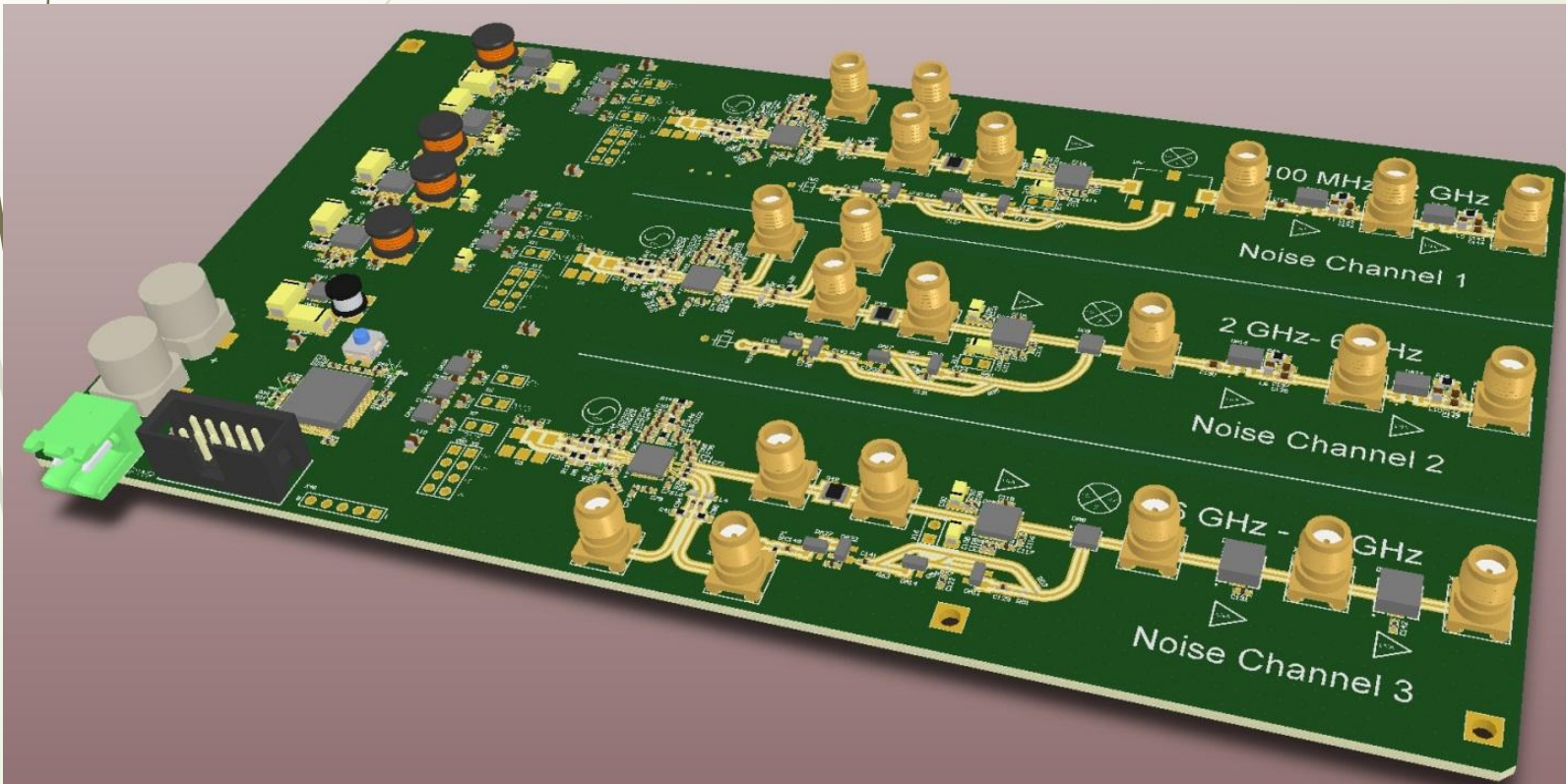


Разработка электрической принципиальной схемы



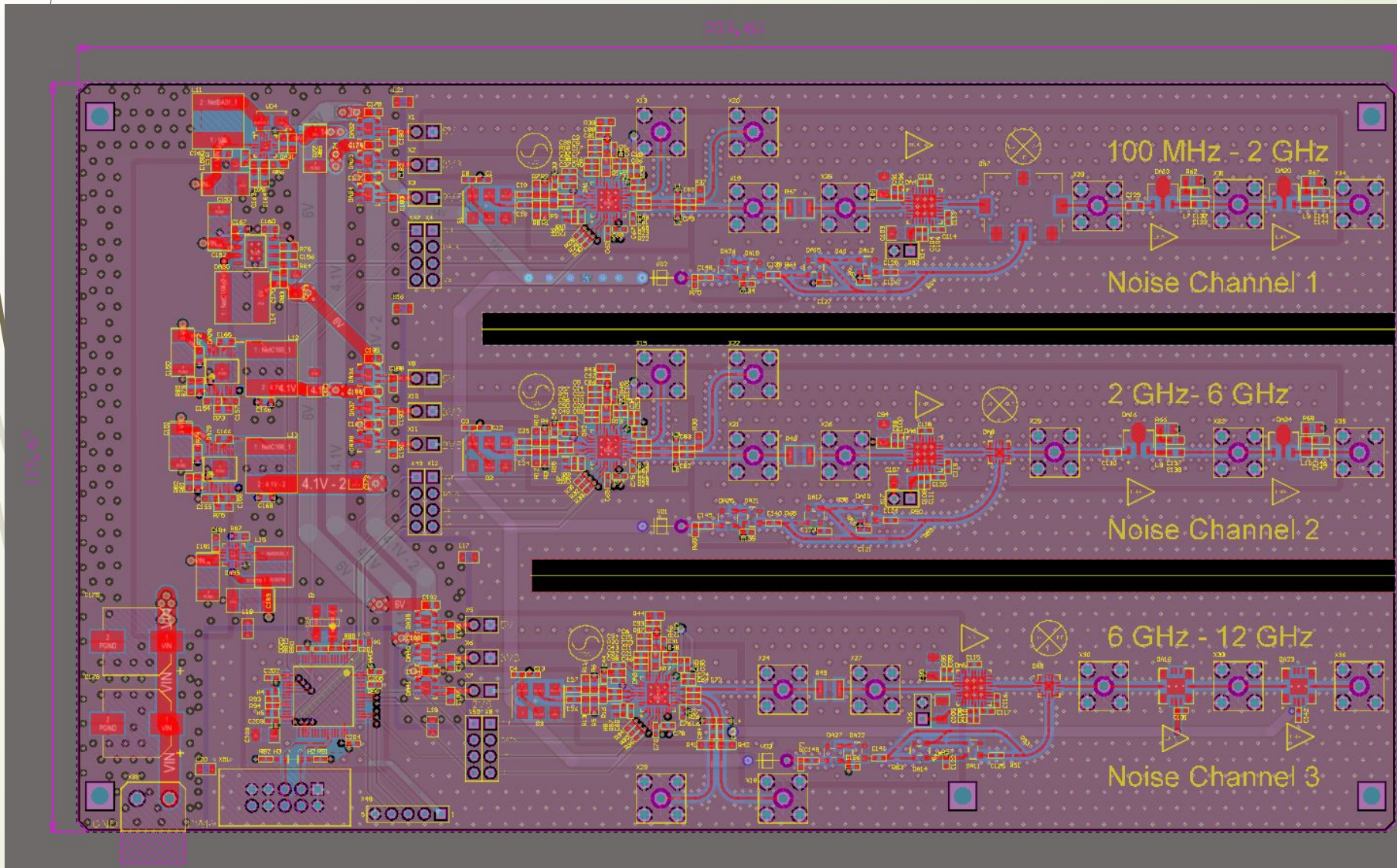
- На рисунке справа представлена архитектура питания платы. На плату поступает входное напряжение, равное 12 вольтам. Каждый канал требует напряжения номиналов 3.3 вольта, 2.5 вольта и 5 вольт для питания генератора несущей частоты и питания активных усилителей. Для каждого канала выделены свои ветви преобразования каждого номинала. Так же каждый канал требует напряжения 14 вольт для питания схемы генерации шума, однако данная ветвь не потребляет большой мощности, так что объединена в одну. Так же отдельная ветвь в 3.3 вольта выделена для питания микроконтроллера.

Разработка печатной платы



- Разработанная печатная плата обладает габаритными размерами $203.801 \times 115.801 \times 1.5$ мм, содержит в себе 2580 переходных отверстий, 18 различных полигонов, 6293 дорожки, 423 компонента.

Разработка печатной платы



При разработке топологии проводников радиочастотной части учитывался импеданс дорожек. Толщина проводников и ширина зазоров подбирались такой, чтобы сохранить импеданс в 50 Ом. Таким образом для каждого из каналов было получено следующее значение:

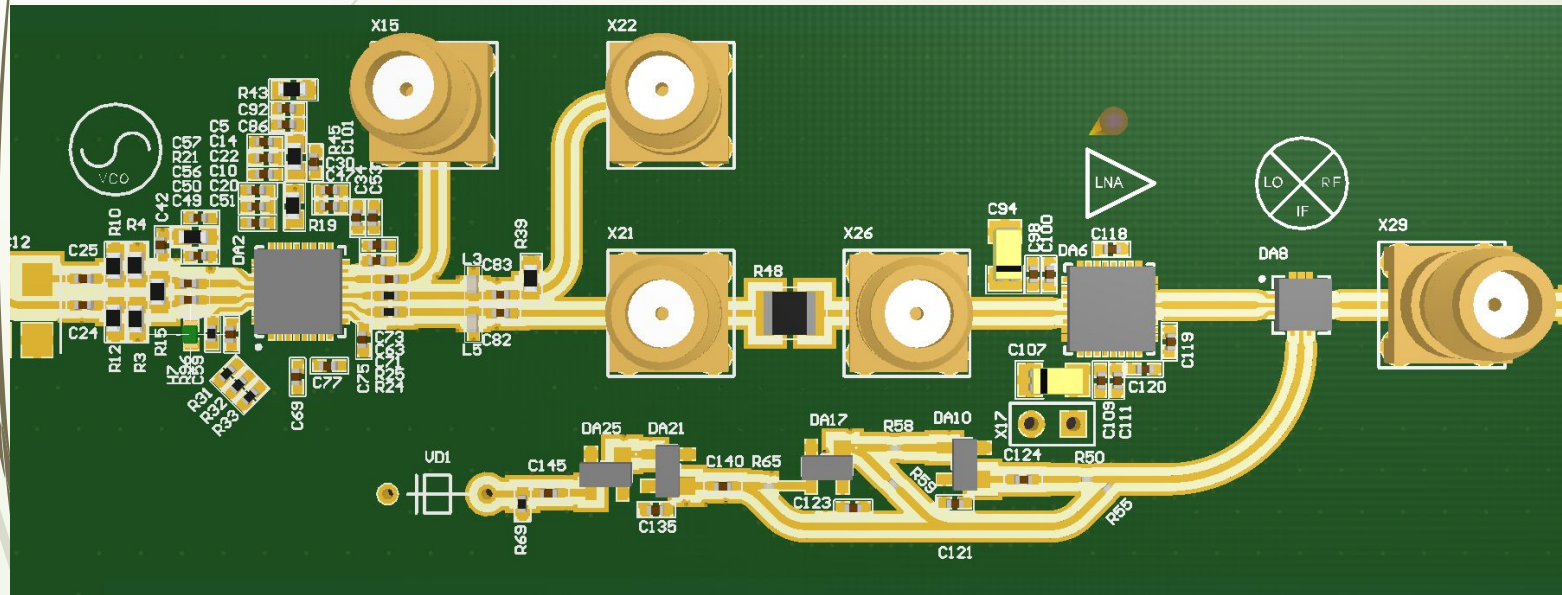
- Толщина проводников: 0.45мм
- Зазоры проводниками: 0.5 мм
- Отступ маски от проводника: 0.75 мм

Разработка печатной платы



На рисунке слева отображена компоновка слоев печатной платы. Ядра выполнены из материала RO4003, с базовой толщиной 0.203 мм, толщиной меди 18 мкм, обладающего диэлектрической проницаемостью 3.38. Препрег выполнен из материала RO4450B.

Разработка печатной платы



На рисунке 39 представлен участок топологии одного из каналов генерации шума. На рисунке видно топологию микросхемы DA2 – генератора несущей частоты ADF5355, видно топологию генератора шума и один из низкошумящих усилителей DA6 - HMC1049LP5E. Видно, что все проводники передающие высокочастотный сигнал не покрыты маской и поворачивают плавно, а не под острыми углами. Сделано это для выравнивания 50-ти омного импеданса и защиты от краевых эффектов.

Заключение

В рамках данной научно-исследовательской работы студента была выполнена разработка аппаратного модуля генерации белого шума. Была разработана структурная схема, электрическая принципиальная схема, проект печатной платы и конструкторская документация аппаратного модуля генерации шума. В настоящий момент ведется производство данной платы и закупка необходимых комплектующих для дальнейшего монтажа печатной платы и тестирования.