

## История успеха

# Проект антенного усилителя ДМВ диапазона от студентов Саратовского государственного университета



“NI AWR предлагает эффективную САПР, позволяющую смоделировать законченной функциональное устройство с учётом микрополосковой топологии. Успех проекта во многом получен благодаря удобному интерфейсу и мощным алгоритмам оптимизации.”

Александр Хвалин, Алексей Воробьёв

## Об университете

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского (СГУ) – один из старейших и ведущих научно-образовательных центров России. Университет основан в 1909 году и на данный момент ведёт подготовку и переподготовку высококвалифицированных кадров по 64 направлениям в бакалавриате и 43 в магистратуре. Обучение в СГУ осуществляется по 337 программам высшего образования, на которых обучается порядка 20,000 студентов.

## Задачи

В известной научной и учебной литературе, посвященной разработке высокочастотных усилителей мощности, практически отсутствуют работы, в которых последовательно рассмотрены шаги по выбору схемных решений, методики расчета элементов и особенности проектирования усилителей ДМВ диапазона. Александр Хвалин, профессор СГУ, и Алексей Воробьёв, студент-выпускник, предложили пример работы, основанной на применении методов структурной и параметрической оптимизации для достижения наилучших характеристик.

Структурный синтез при разработке усилителя заключается во включении в базовую схему усилителя необходимых согласующих элементов: между усилительными каскадами и во входной, выходной цепях. В качестве активного элемента выбран биполярный транзистор BFR90 фирмы Vishay Semiconductors, моделирование выполнено по эквивалентной схеме Гуммеля-Пуна. Параметрический синтез связан с решением задачи оптимизации по достижению максимальных значений коэффициента усиления, минимальных значений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) входа и выхода в рабочем диапазоне частот.

## Решение

Моделирование усилителя в диапазоне 0.3-0.8 ГГц проводилось в среде NI AWR Design Environment, выбранной за простоту использования и возможность работы со схемой усилителя и проведения электромагнитного анализа топологии в одном проекте. За основу взята схема двухкаскадного антенного усилителя, предназначенная для усиления сигналов в телевизионном диапазоне ДМВ. На рисунке 1 представлена схема усилителя.

At-A-Glance	
Область применения	<ul style="list-style-type: none"><li>Усилители</li></ul>
ПО	<ul style="list-style-type: none"><li><a href="#">NI AWR Design Environment</a></li><li><a href="#">Microwave Office</a></li><li><a href="#">AXIEM</a></li></ul>
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"><li>Простота использования</li><li>Возможность ко-моделирования</li><li>Качественная поддержка</li><li>Приобретение навыков для работы</li></ul>

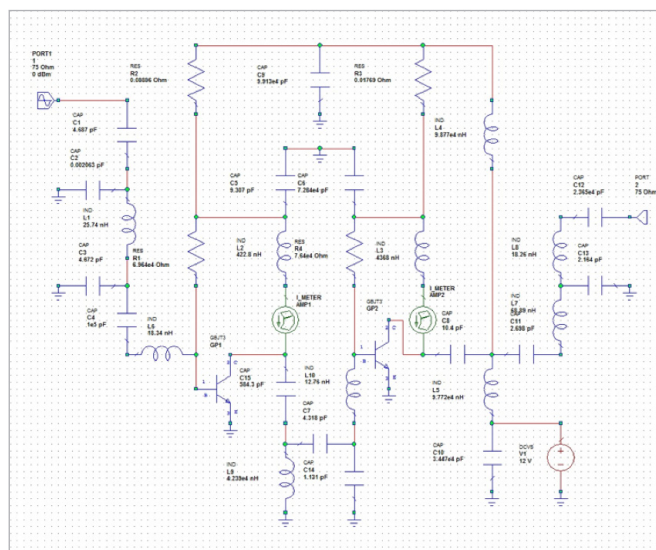


Рисунок 1: Полная схема усилителя.

Как видно из схемы, транзисторы включены по схеме с общим эмиттером, при этом коллекторный ток не превышает 25 мА. Вход и выход усилителя несимметричные и рассчитаны на подключение коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Возбуждение усилителя осуществляется источником гармонического сигнала, сопротивление нагрузки равно 75 Ом. Цепь питания усилителя (на рисунке не показана) состоит из источника питания с напряжением +12 В, емкости С5 и блокировочной индуктивности L5.

В базовую схему усилителя внесены ряд изменений с целью получения значений коэффициента усиления  $30 \pm 1$  дБ и КСВН входа и выхода менее 1.5. Для оптимизации схемы усилителя в качестве варьируемых параметров были выбраны номинальные значения всех элементов схемы; значения емкости, индуктивности и сопротивления этих элементов были оптимизированы несколькими методами, встроенными в САПР: использование более чем одного метода повышает эффективность процесса оптимизации.

На рисунке 2 показана АЧХ после оптимизации, согласно которой коэффициент усиления составляет  $30 \pm 1$  дБ. На рисунках 3 и 4 показаны графики КСВН входа и выхода соответственно. Видно, что КСВН не превышает 1.5 в полосе частот от 0.3 до 0.8 ГГц.

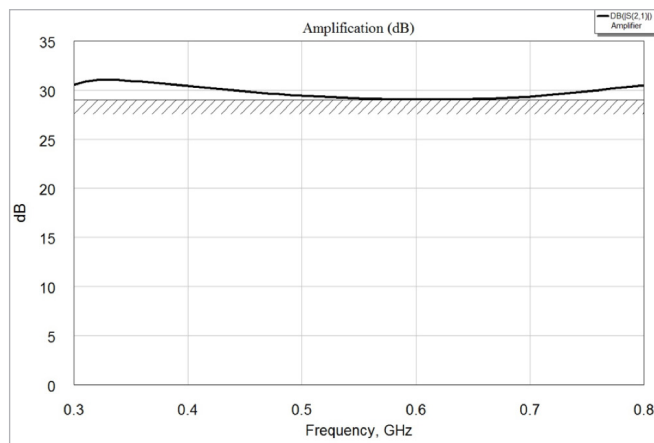


Рисунок 2: Оптимизированные значения усиления.

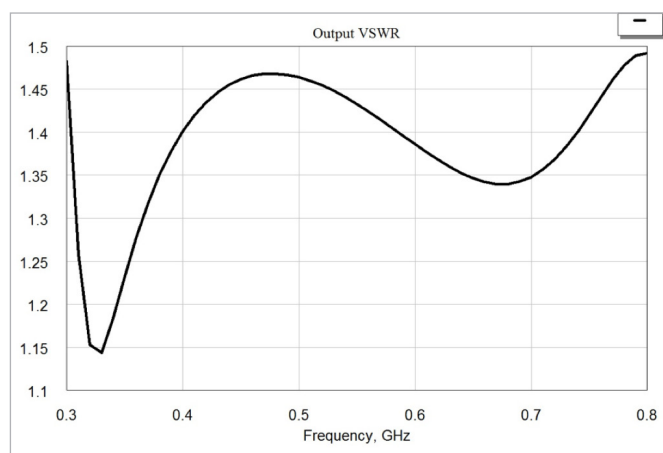


Рисунок 3: КСВН входа в зависимости от частоты.

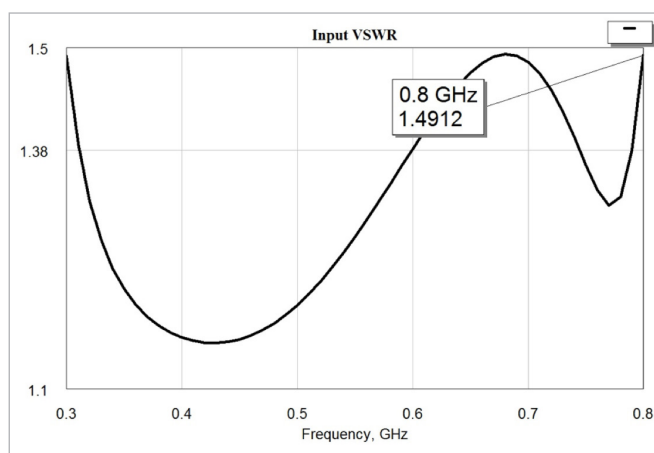


Рисунок 4: КСВН выхода в зависимости от частоты.

В таблице 1 представлены основные характеристики разработанного усилителя в сравнении с известными аналогами.

Модель	Рабочий диапазон, МГц	Коэффициент усиления, дБ	Напряжение питания, В	Производитель
La-32U	470-862	20±2	+5	Locus
БРИЗ-1.1	470-862	10-15 (adjustable)	+12	PLANAR
AWS-20	470-790	30	+12	Poland
Saratov State University	300-800	30±1	+12	n/a

Таблица 1: Сравнение разработанного усилителя с серийно выпускаемыми антенными усилителями ДМВ диапазона

## Заключение

Предложенный пример демонстрирует, что на основе решения задач структурной и параметрической оптимизации возможно создание усилителя ДМВ диапазона с параметрами, не уступающими отечественным и зарубежным аналогам. Авторы отмечают, что успех проекта во многом достигнут благодаря использованию NI AWR Design Environment, наличию качественной и полной документации, а также возможности работы с обширной библиотекой элементов и встроенных примеров, что значительно облегчает работу с программным обеспечением. Алексей Воробьев также отмечает, что опыт использования NI AWR Design Environment во время учёбы и написания выпускной диссертации оказался полезен в его дальнейшей работе в качестве инженера.