

# Микросхемы ADI

для создания компактных радиостанций 5G с системами MIMO

**Популярность многоэлементных радиосистем с множеством входов и выходов (M-MIMO) значительно возросла в связи с развертыванием базовых станций сотовой связи 4G LTE, особенно в густонаселенных городских районах, где малые соты эффективно заполняли пустоты области покрытия сотовой связи, одновременно повышая скорость передачи данных. Успешное применение этой архитектуры явно доказало ее ценность. Предполагается, что данная архитектура может быть эффективна для разрабатываемых радиосистем сети 5G, поскольку характеризуется высокой спектральной эффективностью и надежностью передачи.**

**Бильдж Бэйрэки (Bilge Bayrakci)**

**Перевод: Михаил Русских**  
tau68@rambler.ru

**З**адача создания рабочих систем 5G заключается в том, что разработчики должны значительно увеличить количество одновременных приемопередающих каналов, работающих в нескольких диапазонах, и в то же время уместить все необходимое аппаратное обеспечение в форм-факторе, равном или меньшем, чем у оборудования предыдущего поколения.

При этом нужно учитывать следующее:

- Чем больше каналов, тем выше сконцентрированная высокочастотная мощность внутри и вокруг базовой станции, в связи с чем задача обеспечения изоляции между каналами для устранения взаимных помех усложняется.
- Интерфейсные компоненты приемника должны иметь более широкий динамический диапазон, чтобы надежно работать в присутствии мощных сигналов.
- Размер решения имеет значение.
- Управление тепловым режимом должно адекватно функционировать с увеличением мощности электроники и передатчиков.

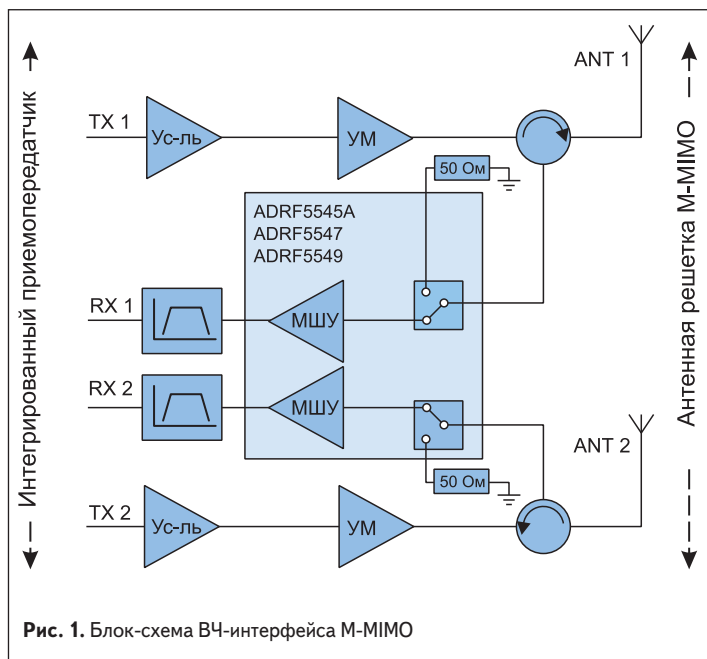
При таком стремлении к более высоким скоростям передачи данных для поддержки работы различных беспроводных сервисов и различных схем передачи разработчики систем сталкиваются с более высокой сложностью схем, при этом новое решение должно иметь меньшие размеры, энергопотребление и стоимость. Организация большего количества приемопередающих каналов в башне базовой станции обеспечивает более высокую пропускную способность, но использование каждого канала с более высоким уровнем высокочастотной мощности должно тщательно учитываться для сохранения сложности системы и ее стоимости на приемлемом уровне. При проектировании оборудования более высокой мощности у разработчиков аппаратного обеспечения имеется

не так много альтернатив в вопросе создания высокочастотного интерфейса, поэтому они полагаются на устаревшие решения, которые требуют более высокой мощности для смещения и сложных периферийных схем, что затрудняет процесс разработки.

Недавно компания Analog Devices представила интегрированный ключ высокой мощности с малошумящим усилителем (МШУ), реализованные в виде многокристальных модулей для дуплексных систем с временным разделением. Устройства ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549 этого семейства охватывают частоты сотовой связи 1,8–5,3 ГГц и оптимальны для реализации антенных интерфейсов систем M-MIMO. Устройства этого нового семейства, в состав которых входит кремниевый высокомоощный ключ и созданный по арсенид-галлиевому (GaAs) технологическому процессу высококачественный МШУ, могут действовать с высокой ВЧ-мощностью и характеризуются высокой степенью интеграции без каких-либо ухудшений характеристик. Это означает, что в данных устройствах объединено все лучшее из обеих областей.

## Двухканальная архитектура

Блок-схема ВЧ-интерфейса M-MIMO с использованием ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549 представлена на рис. 1. Данное устройство имеет каналы с ключом высокой мощности, за которым следует двухкаскадный МШУ. Во время работы приемопередатчика в режиме приема ключ направляет входной сигнал на вход МШУ. В режиме передачи вход подключается к оконечному сопротивлению 50 Ом, чтобы обеспечить надлежащее согласование с интерфейсом антенны и изолировать МШУ от любой отраженной от антенны мощности. Интегрированная двухканальная архитектура позволяет специалистам легко масштабировать



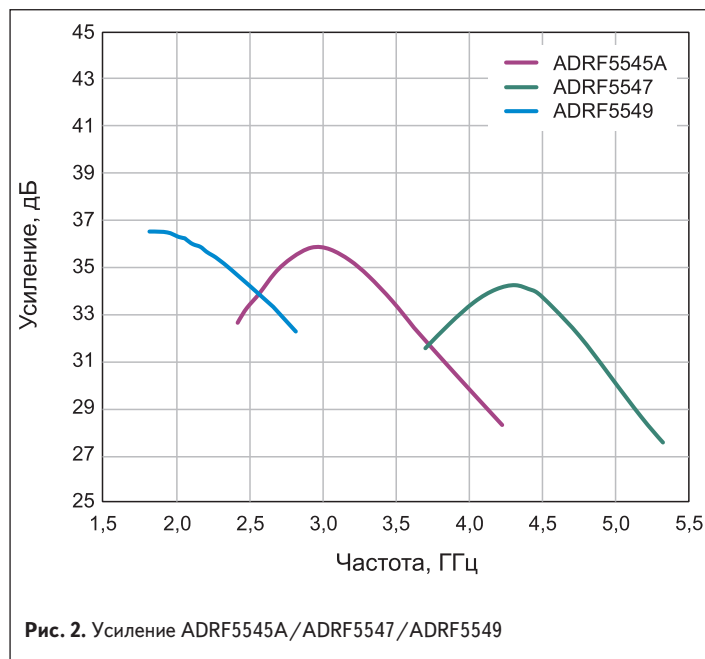
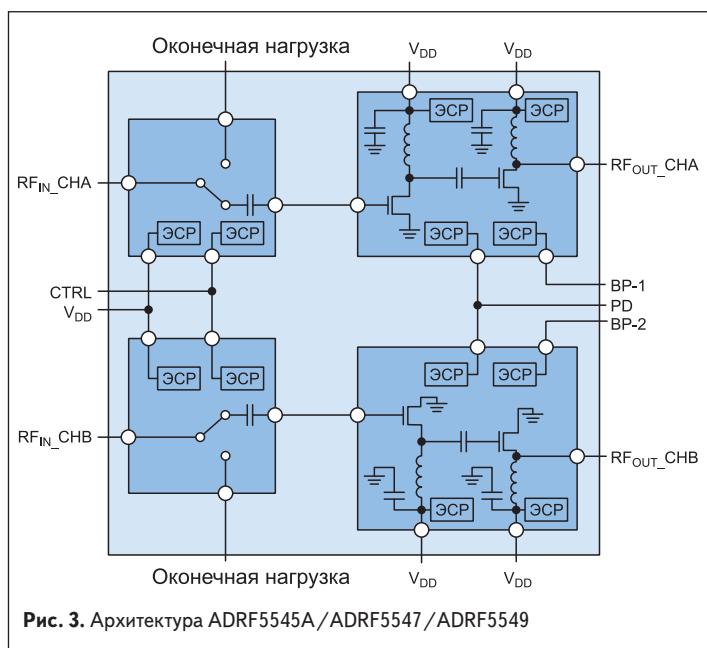
свою систему ММО, что предоставляет возможность выйти за пределы устаревшего оборудования, максимальная конфигурация которого была 8×8 (8 передатчиков × 8 приемников), то есть теперь возможны конфигурации 16×16, 32×32, 64×64 и выше.

### Широкая рабочая полоса частот

Усиление каждого устройства семейства ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549 и их соответствующее частотное покрытие показаны на рис. 2. Эти компоненты оптимизированы для работы с часто используемыми полосами сотовой связи и согласованы с другими откалиброванными компонентами, применяемыми в подобных архитектурах, такими как усилители мощности и фильтры.

### Защитный ключ высокой мощности

В составе устройства имеется кремниевый ключ высокой мощности, которому для генерации смещения не требуется никаких внешних компонентов. Ключ работает от одного источника питания 5 В, потребляет ток всего 10 мА и может напрямую подключаться к стандартным цифровым микроконтроллерам без необходимости применения каких-либо источников отрицательного напряжения или компонентов смещения уровней. По сравнению с реализацией,

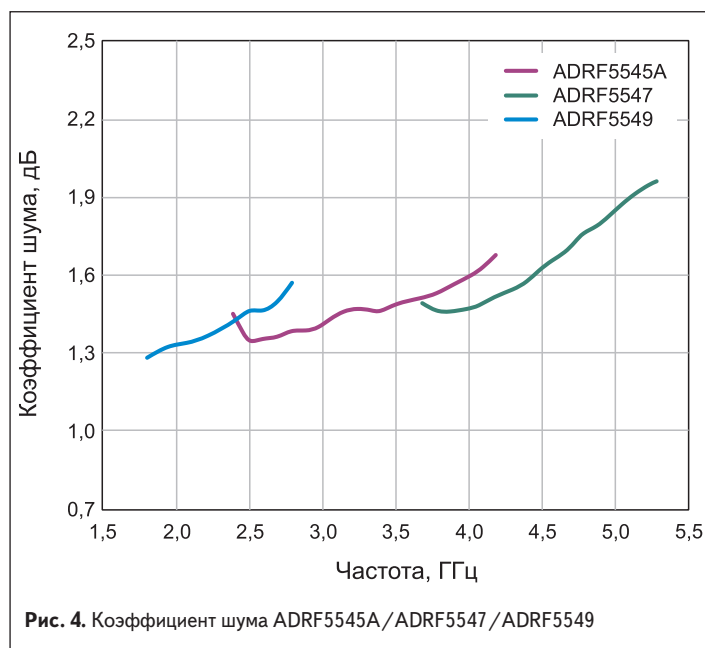


предусматривающей наличие ключей на основе PIN-диодов, кремниевый ключ позволяет сэкономить около 80% мощности смещения и 90% площади печатной платы.

Этот ключ может пропускать ВЧ-сигнал мощностью 10 Вт с отношением пикового значения сигнала к среднему значению 9 дБ при непрерывной работе и выдержать сигнал с мощностью вдвое больше номинальной при нештатных ситуациях. ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549 представляют собой первые на рынке продукты данного класса с мощностью 10 Вт, что делает их оптимальными для применения в системах М-ММО большой мощности. Если каждый антенный элемент способен излучать большее количество мощности, то число каналов передачи можно уменьшить при сохранении того же уровня излучаемой базовой станцией мощности. Архитектура ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549 представлена на рис. 3, где показано, что ключи высокой мощности для обоих каналов питаются и управляются с помощью одних и тех же выводов устройства. МШУ имеют свои отдельные линии питания и управления.

### Низкий коэффициент шума

Двухкаскадный МШУ создан по арсенид-галлиевой технологии, питается от одного источника питания 5 В и не требует внешних



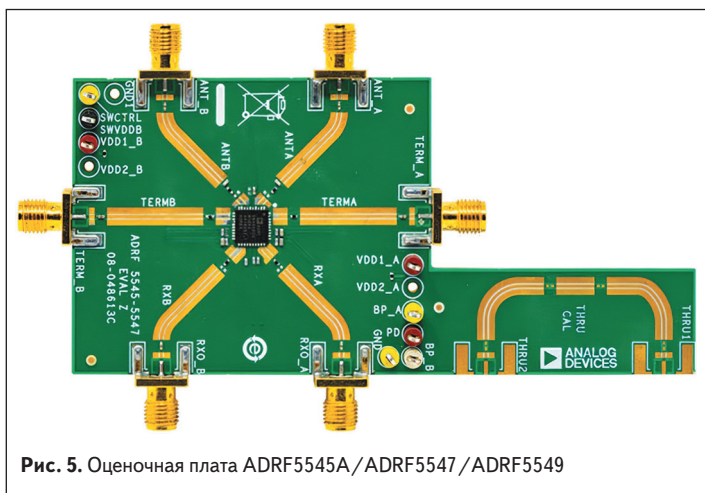


Рис. 5. Оценочная плата ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549

дросселей смещения. Усиление имеет плоскую характеристику по частоте и устанавливается на 32 и 16 дБ в режимах с высоким и низким усилением соответственно. Устройство также имеет режим пониженного энергопотребления, при котором МШУ могут быть отключены во время передачи, что позволяет экономить мощность смещения. Коэффициент шума устройства составляет 1,45 дБ с учетом вносимых потерь ключа, благодаря чему оно может успешно применяться как в высокомоощных, так и в маломощных системах М-ММО. На рис. 4 приведены

графики коэффициента шума ADRF5545A/ADRF5547/ADRF5549 для конкретных частотных диапазонов.

### Компактный размер, минимальный набор внешних компонентов

Помимо развязывающих конденсаторов на линиях питания и блокировочных конденсаторов на линиях ВЧ-сигнала, для настройки или согласования данных устройств не требуются больше никакие компоненты. Вход и выходы ВЧ-сигнала имеют согласование 50 Ом. МШУ имеет дроссели согласования и смещения, встроенные в корпус устройства. Это позволяет сократить перечень необходимых, особенно дорогих компонентов, таких как дроссели, и упрощает разработку аппаратного обеспечения, которое должно характеризоваться наименьшими межканальными перекрестными помехами между соседними приемопередатчиками. Устройство имеет корпус для поверхностного монтажа размером 6×6 мм с выдерживающей большие температуры нижней площадкой. Диапазон рабочих температур устройства составляет  $-40 \dots +105$  °С. Все три компонента выполнены в одинаковом корпусе и полностью совместимы по выводам, а значит, полностью взаимозаменяемы. На рис. 5 показано такое устройство, смонтированное на оценочной плате. Оценочные платы можно приобрести непосредственно в ADI или через дистрибьюторов компании.

Недавно компания Analog Devices представила следующее поколение данных устройств, которое характеризуется более высокой мощностью переключателя и более низким коэффициентом шума. На данный момент на сайте компании представлена микросхема ADRF5515 с частотным диапазоном 3,4–3,8 ГГц. ■