

ПОЛНЫЙ СПЕКТР ОТ 0 ДО 110 ГГц

М.Конвей, Ю.Ковалевский

УДК 621.389
БАК 05.27.00

Компания Analog Devices, Inc. (ADI) является лидером во многих сегментах отрасли полупроводниковых компонентов. В частности, она занимает ведущую позицию в сегменте аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей (АЦП и ЦАП). Эти изделия находят широкое применение в современной технике, поскольку позволяют выполнять преобразование физических величин реального мира в удобный для передачи, хранения и обработки цифровой формат и обратно. Это становится особенно востребованным с развитием Интернета вещей (Internet of Things – IoT). Кроме того, АЦП и ЦАП используются во всех основных видах современных цифровых контрольно-измерительных приборов, которые требуют высокой точности и стабильности преобразования.

Однако для получения хорошего результата необходимо также обеспечение качества аналогового тракта и стабильного чистого питания.

Ранее портфолио компании перекрывало лишь часть потребностей в компонентах современных схем обработки РЧ-сигналов, а обеспечиваемый частотный диапазон ограничивался единицами гигагерц.

В 2014 году ADI приобрела компанию Hittite Microwave, что позволило ей существенно расширить линейку изделий для трактов РЧ- и СВЧ-сигналов, и теперь она предлагает решения практически для всей схемы обработки РЧ-сигналов, включая вспомогательные изделия, в полном частотном диапазоне от 0 до 110 ГГц.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЧ-КОМПОНЕНТОВ СИГНАЛЬНЫХ ТРАКТОВ

РЧ- и СВЧ-компоненты в настоящее время используются в огромном количестве областей, и сфера их применения постоянно расширяется. В телекоммуникационной аппаратуре такие компоненты применяются как в абонентских устройствах (телефонах, смартфонах), так и в системах инфраструктуры (в аппаратуре базовых станций, волоконно-оптических сетей и т. п.). Помимо телекоммуникаций, где наблюдаются существенный рост частот и расширение полосы пропускания, в особенности в связи с продвижением работ в области систем нового поколения 5G, РЧ- и СВЧ-

решения пришли в автомобильную отрасль. В помощь водителю появились автомобильные радары. Также РЧ-решения требуются для концепции "подключенного автомобиля". Аэрокосмическая и оборонная отрасли являются традиционными для данного типа устройств.

Увеличение частот во всех этих областях приводит к необходимости измерять сигналы в более широких диапазонах. Поэтому для контрольно-измерительной аппаратуры также требуются решения с очень широким диапазоном частот.

Во всех этих областях находят применение решения ADI, поскольку они теперь полностью перекры-

вают диапазон частот от 0 до 110 ГГц. Более того, линейка решений ADI теперь удовлетворяет потребность в РЧ-компонентах для всей типовой схемы обработки РЧ-сигнала: от датчиков и входных малошумящих усилителей (МШУ) до компонентов преобразования и формирования сигналов, АЦП, устройств цифровой обработки сигналов, ЦАП, усилителей мощности (УМ) и других компонентов выходного РЧ-тракта.

ТИПОВАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ РЧ-СИГНАЛА

На рис.1 показана типовая схема обработки РЧ-сигнала. Сигнал поступает на входной малошумящий усилитель, РЧ-переключатели и РЧ-аттенюаторы, после чего выполняется преобразование частоты сигнала, которое может быть повышающим или понижающим в зависимости от требований. Затем сигнал поступает на драйверы АЦП и сам АЦП, который осуществляет его преобразование в цифровую форму. В центральной части рисунка расположена схема частотного генератора, сигнал которого может распределяться по системе с помощью схемы управления синхронизацией, а также поступать в выходную (передающую) часть схемы. В выходной части сигнал с ЦАП поступает на усилитель, смеситель, обеспечивающий преобразование частоты, и далее на фильтры. Затем с помощью переключателя он подается на выход.

Для приведенной схемы компания ADI имеет в своем портфолио полный комплект решений, благодаря чему она смогла выйти на лидирующую позицию в этой области. Неполный список этого расширенного портфолио включает:

- переключатели с малыми габаритами, низкими вносимыми потерями и улучшенной развязкой;
- малошумящие усилители с пониженным энергопотреблением и малым шумом, а также улучшенным балансом коэффициента усиления;
- пассивные смесители и фильтры;
- драйверы и выходные усилители гетеродинов пассивных смесителей;
- усилители ПЧ с пониженным энергопотреблением;
- блоки усиления РЧ;
- цифровые ступенчатые и фиксированные аттенюаторы;
- схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ);
- широко- и узкополосные генераторы, управляемые напряжением (ГУН);
- удвоители и утроители.

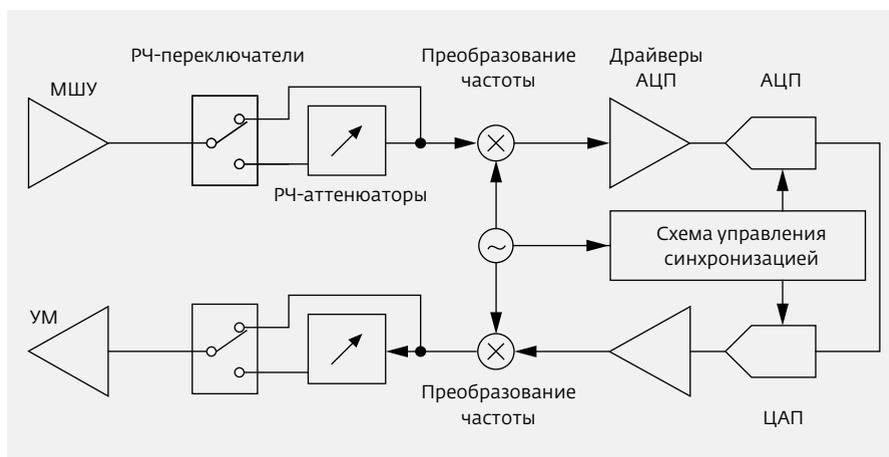


Рис.1. Типовая схема обработки РЧ-сигнала

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА КАК КЛЮЧЕВАЯ ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЧ-РЕШЕНИЙ

Оборудование для контроля и тестирования развивается вместе с самыми передовыми областями, такими как телекоммуникации. Любая электронная аппаратура требует наличия средств, позволяющих проводить исследования ее электрических параметров при разработке и их измерение и контроль при изготовлении, эксплуатации, обслуживании и ремонте.

Поэтому для ADI контрольно-измерительное оборудование является ключевой областью, в которой ожидается активный рост применения ее решений. Это включает в себя оборудование для тестирования транспортных сетей (backhaul) и сетей сотовых стандартов 2G, 3G, 4G и перспективного стандарта 5G, в отношении которого ведутся обширные работы по исследованиям, разработке и созданию прототипов. Еще одним перспективным направлением является тестирование решений IoT и мультистандартной радиосвязи. В современных телекоммуникационных сетях, в том числе сетях IoT, в одной системе может быть реализовано множество различных стандартов радиосвязи, и все они требуют возможности контроля и измерений. Среди этих стандартов – протоколы передачи данных малого радиуса действия Wi-Fi и WiGig с частотой 40 ГГц. Примером устройства, для которого требуется тестирование на соответствие нескольким телекоммуникационным стандартам, является смартфон: это массовое устройство, как правило, имеет в своем составе различные комбинации Bluetooth®, 2G/3G/4G LTE, Wi-Fi и GPS.

Еще большая массовость предвидится с развитием Интернета вещей. В этой области ожидается огромный рынок – десятки миллиардов устройств. Данные устройства должны быть дешевыми, но при этом обла-

дать высокой функциональностью и работать в широкой полосе частот. Таким образом, IoT требует обеспечения возможности тестирования достаточно требовательных параметров у большого количества устройств.

Задачи контроля и измерений охватывают очень широкий частотный спектр. Тестирование необходимо и для аудиоканалов с очень низкими частотами, и для систем автомобильных радаров, рабочие частоты которых доходят до 77 ГГц.

Кроме того, вне зависимости от частотного диапазона конкретной системы контроль и измерения на соответствующих частотах необходимы и для отдельных ее компонентов, и модулей и печатных узлов, и системы в целом, причем выполнение этих измерений и тестов происходит на различных стадиях жизненного цикла от исследований в лаборатории до тестирования в процессе производства и выходного контроля.

Все это приводит к потребности в новых разнообразных и гибких средствах контроля и измерений. Если имеются десятки миллиардов устройств, общающихся между собой, их тестирование не может выполняться так, как это было до сих пор. Необходимо обеспечить ощутимый рост производительности и качества, чтобы иметь возможность протестировать несколько стандартов, реализованных в устройстве, с несколькими, возможно, очень широкими полосами частот, и при этом стоимость тестирования должна быть снижена, поскольку она будет вносить свой вклад в конечную цену изделия. Необходимо сократить время цикла тестирования и исключить необходимость повторного теста, а значит тестирование должно быть очень точным и обладать высокой повторяемостью. Кроме того, желательно, чтобы для всех тестов различных стандартов и типов устройств в качестве общей основы применялась одна и та же аппаратная платформа, следовательно возникает потребность в гибких конфигурируемых платформах.

Для решения этих задач РЧ- и СВЧ-решения ADI обеспечивают и должны будут обеспечивать в будущем высокие РЧ- и СВЧ-параметры в широкой полосе частот во всей цепочке от антенны (датчика) до процессора или даже облака. Это будет служить движущим фактором для масштабируемости характеристик и возможностей для удовлетворения потребностей тестирования различного типа и построения контрольно-измерительных приборов различного класса.

Компания ADI также смогла достичь высокой степени интеграции с применением более интеллектуальных решений с повышенной функциональностью. Это позволит использовать одну и ту же аппаратную часть для тестирования различных стандартов и приведет к уменьшению размеров оборудования.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕШЕНИЙ ADI В КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

В основе большинства современных контрольно-измерительных приборов лежит цифровая обработка сигнала, и качество измерений и тестов напрямую зависит от того, с какой точностью и повторяемостью выполняется оцифровка анализируемого сигнала.

ADI занимает лидирующую позицию в области аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей и предлагает широкий спектр АЦП:

- AD9625 – АЦП 12 бит, 2,6/2,5/2,0 Гвыб/с;
- AD9691 – сдвоенный АЦП 14 бит, 1,25 Гвыб/с, интерфейс JESD204B;
- AD9684 – сдвоенный АЦП 14 бит, 500 Мвыб/с, низковольтная дифференциальная передача сигналов (LVDS);
- AD9690 – АЦП 14 бит, 500/1000 Мвыб/с, интерфейс JESD204B.

Но в измерительном оборудовании в определенных случаях также требуется преобразование цифрового сигнала в аналоговый, например в генераторах сигналов. В том числе для этих целей компанией предлагаются ЦАП:

- AD9152 – сдвоенный ЦАП, 16 бит, 2,25 Гвыб/с, TxDAC+®;
- AD9154 – четверенный ЦАП, 16 бит, 2,4 Гвыб/с, TxDAC+®.

Широкое применение в контрольно-измерительной технике находят ИС генерации синхросигналов от ADI. Также сильной стороной компании являются средства прямого цифрового синтеза, в частности применяющиеся в векторных анализаторах сигналов.

Аналоговый тракт – также критическая часть схем контрольно-измерительной аппаратуры с точки зрения обеспечения качества измерений – включает в себя множество РЧ-компонентов. В их числе решения, которые ADI добавила к своему портфолио с приобретением компании Hittite Microwave: пассивные смесители, РЧ-переключатели, узко- и широкополосные ГУН и перенастраиваемые фильтры. При этом почти все РЧ-компоненты претерпели те или иные улучшения.

КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЧ- И СВЧ-СИГНАЛАМИ

РЧ-переключатели и аттенюаторы – важный класс компонентов, применяемый практически в любом РЧ-оборудовании. Благодаря приобретению компании Hittite Microwave ADI теперь обладает очень широким портфолио этих компонентов для переключения сигналов, а также для ослабления сигнала с цифровым управлением.

На рис.2 показано сравнение переключателей на основе арсенида галлия (график слева) и крем-

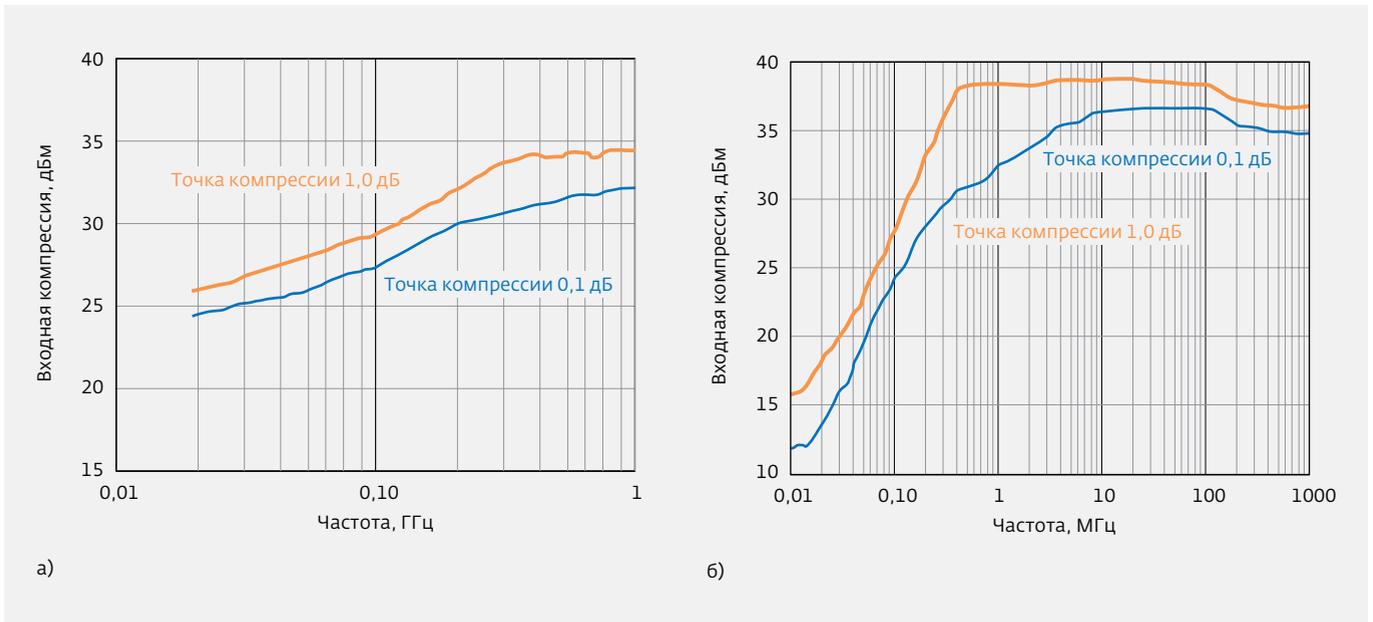


Рис.2. Сравнение типовых переключателей на основе арсенида галлия (слева) и кремния (справа)

ния (график справа). Важное различие заключается в том, что кремниевый переключатель способен работать в диапазоне с нижней границей 9 кГц, что крайне важно для задач контроля и измерений, которые тре-

буют возможности работы входного усилителя в диапазоне от 0 Гц или от очень низкой частоты для обеспечения возможности захвата сигналов основной полосы частот и сглаживания (антиалиасинга).

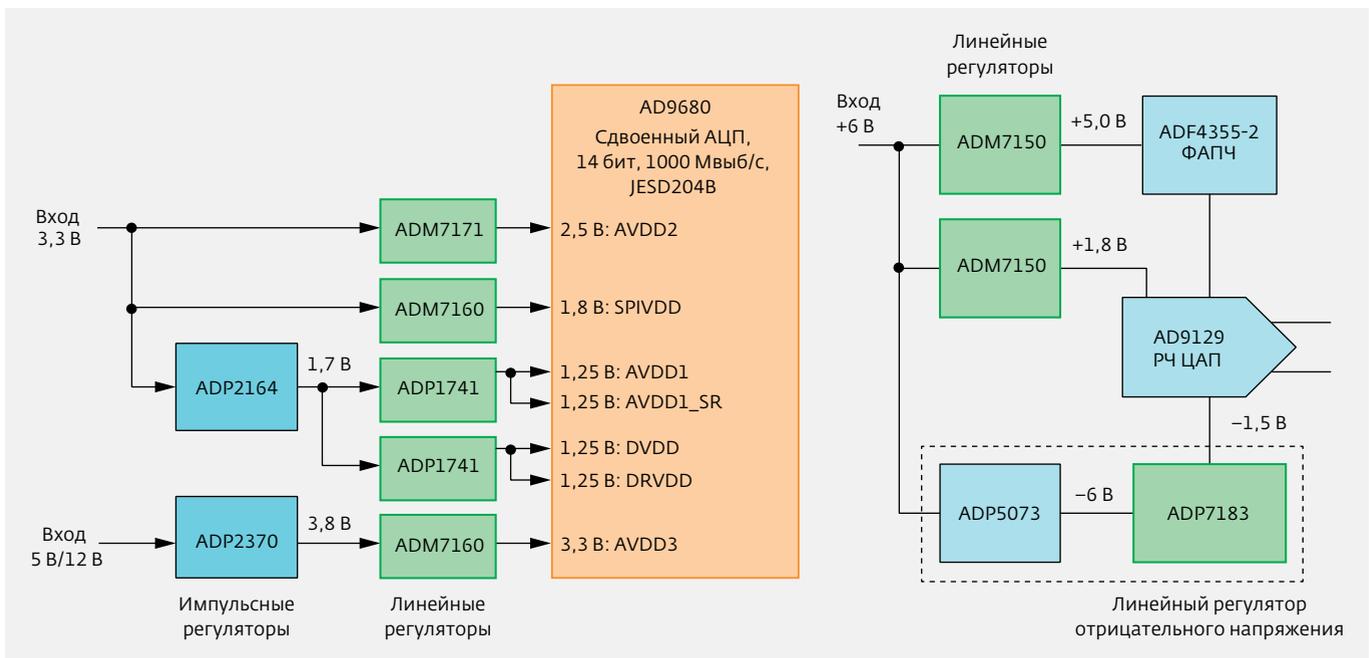


Рис.3. Чистое питание для преобразователей – основа чистоты сигналов

ХОРОШАЯ РЧ-СХЕМА ТРЕБУЕТ ХОРОШЕГО ПИТАНИЯ

Важную роль в обеспечении точности преобразования аналогового сигнала в цифровую форму и обратно играет стабильное и чистое питание. Компания ADI предлагает линейные регуляторы с малым падением напряжения, обладающие наименьшим шумом на мировом рынке. На рис.3 показаны некоторые компоненты, которые могут использоваться для формирования качественного питания АЦП и ЦАП. Слева показана схема с АЦП, на который подаются различные напряжения питания высокой чистоты, формируемые с помощью импульсных регуляторов с последовательным соединением ключа и индуктивности и линейных регуляторов с малым падением напряжения. Справа показана типовая схема с применением РЧ ЦАП, в которой также использованы регуляторы с малым падением напряжения для обеспечения наименьшего уровня шума по питанию и, как следствие, наивысшей точности и наиболее стабильных характеристик выходов РЧ ЦАП.

РЕШЕНИЯ ADI ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РАЗРАБОТЧИКОВ

Компания ADI – не просто производитель и поставщик интегральных схем. Она стремится помочь инженерам в разработке РЧ-систем и для этой цели предлагает различные бесплатные средства разработки, платформы для быстрого прототипирования на основе ПЛИС от своих партнеров, типовые схемы Circuits from the Lab®, содержащие топологию, и технические форумы EngineerZone®.

Также компания предлагает инструмент для разработки аналоговых устройств ADIsimRF™, который представляет собой калькулятор сигнальных схем, позволяющий рассчитать усиление в нескольких каскадах, картину шумов, точку пересечения искажения третьего порядка (IP3) и др. Инструмент позволяет использовать до 20 различных каскадов и удалять или временно отключать их по необходимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обладая сильными позициями на рынке аналоговых интегральных схем, преобразования и цифровой обработки сигналов, компания Analog Devices, Inc. с приобретением Hittite Microwave смогла еще более укрепить свое лидерство, предлагая теперь полное портфолио решений для всего диапазона частот от 0 до 110 ГГц, насчитывающее более 1000 РЧ- и СВЧ-компонентов. Теперь предложение ADI практически полностью перекрывает потребности в компонентах для типовых схем обработки РЧ-сигналов, позволяя разрабатывать с их применением инновационные изделия в активно развивающихся секторах с растущими требованиями, таких как телекоммуникации, Интернет вещей, промышленная и автомобильная электроника и др., а также для контрольно-измерительной техники, потребности которой растут вместе с требованиями в других областях. Благодаря расширившемуся портфолио компании точность измерений, обеспечиваемая АЦП и ЦАП от ADI, теперь может быть поддержана высококачественными компонентами компании для РЧ- и СВЧ-трактов. ●