

Снижение затрат на разработку и производство программно-определяемых радиосистем

с помощью конфигурируемого радиотрансивера Analog Devices AD9361

Патрик Вайерс (Patrick Wiers)

АD9361 — это высококачественный, обладающий высокой степенью интеграции, конфигурируемый радиотрансивер (RF Agile Transceiver). Возможности программирования и способность работать

в широком диапазоне частот делают его подходящим для разнообразных приемопередающих радиоустройств. Компонент совмещает в себе аналоговый тракт РЧ, конфигурируемый каскад аналого-цифровой обработки сигнала в полосе модулирующих частот и интегрированные синтезаторы частоты. AD9361 позволяет существенно упростить процесс проектирования программно-определяемых радиосистем (SDR) благодаря конфигурируемому интерфейсу и высокопроизводительному процессору.

До появления нового трансивера разработчикам радиосистем были доступны либо дорогие и потребляющие большую мощность универсальные микросхемы, либо недорогие и малопотребляющие специализированные. AD9361 является первым компонентом, который сочетает в себе достоинства обоих этих типов устройств. Он перекрывает диапазон радиочастот от 70 МГц до 6 ГГц и поддерживает работу с каналами, имеющими полосу от 200 кГц до 56 МГц, обладает широкими возможностями программирования и обеспечивает самый большой динамический диапазон среди доступных на рынке продуктов.

Устройство содержит интегрированный аналоговый входной интерфейс, конфигурируемый тракт аналого-цифровой обработки сигналов в основной полосе частот, синтезаторы частоты, два аналого-цифровых преобразователя и два приемника прямого преобразования, комбинация которых позволяет сократить сложность проектов и уменьшить общую стоимость решения (рис. 1). AD9361 также имеет режимы ручной установки коэффициента усиления с возможностью внешнего управления.

Одним из основных элементов, обуславливающих широкие возможности конфигурирования AD9361, является генератор, управляемый напряжением (ГУН), с диапазоном перестройки в одну октаву (6–12 ГГц). Очень низкий уровень фазового шума ГУН позволяет использовать

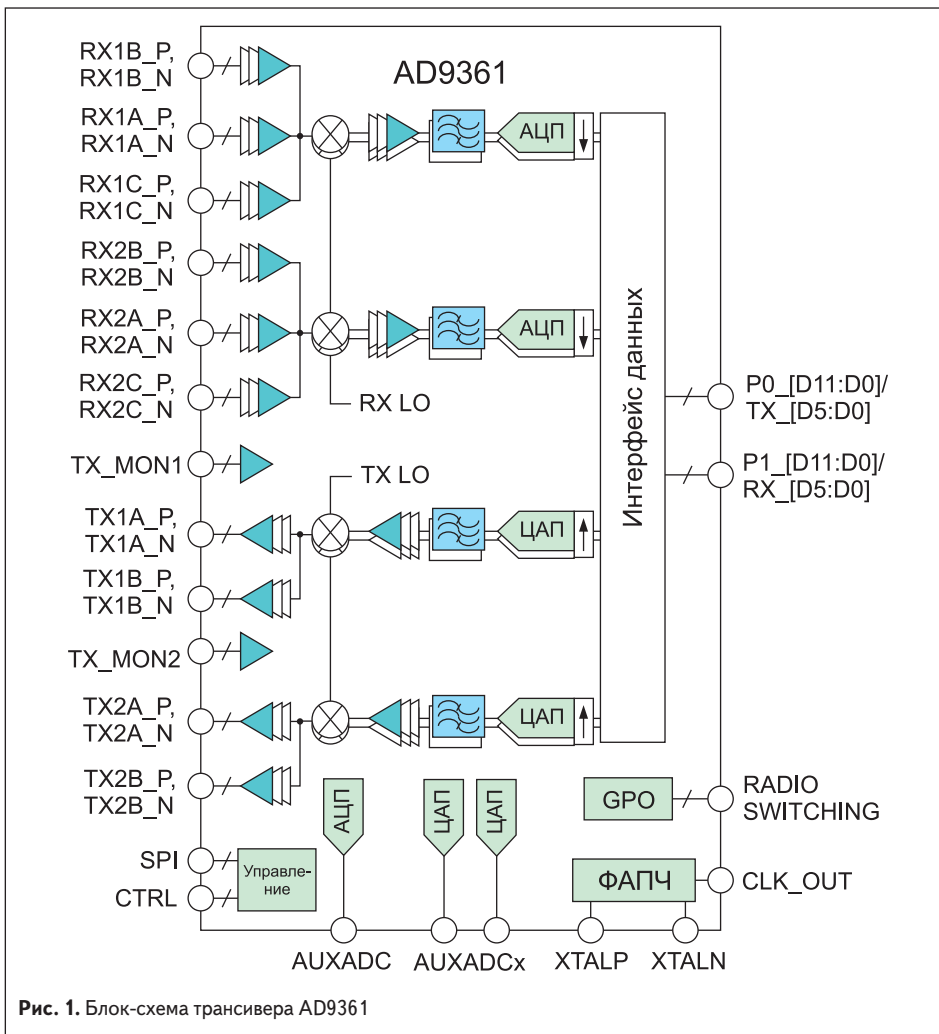


Рис. 1. Блок-схема трансивера AD9361

компонент в разнообразных областях радиосвязи. Все составные блоки, необходимые для формирования сигнала гетеродина с помощью внутреннего ГУН, включая схему ФАПЧ и компоненты петлевого фильтра, интегрированы на кристалле (рис. 2).

Два независимых приемника прямого преобразования обеспечивают передовые показатели коэффициента шума и линейности. Каждая из приемных подсистем включает в себя независимые схемы автоматической регулировки усиления, коррекции смещения постоянной составляющей и цифровой фильтрации, избавляя от необходимости реализации этих функций в каскаде цифровой обработки основной полосы частот.

В приемных каналах используются двоянные сигма-дельта АЦП с непрерывным интегрированием во времени (continuous time Sigma Delta, CTSD), осуществляющие выборку сигналов с частотой до 640 млн отсчетов в секунду (MSPS). Благодаря повышенной устойчивости к эффекту спектральных наложений применение архитектуры CTSD АЦП позволяет смягчить требования к фильтрам полосы модулирующих частот. Коэффициент усиления приемных каналов может регулироваться программно в диапазоне 0~70 дБ при работе на частотах до 6 ГГц.

Два передатчика построены на базе архитектуры с прямым преобразованием, которая поддерживает высокую точность модуляции при крайне низком шуме. Они обеспечивают наилучший среди устройств данного класса модуль вектора ошибки (ниже -40 дБ), что позволяет существенно упростить требования к выбору внешнего усилителя мощности (УМ). Интегрированная схема контроля мощности передаваемого сигнала может быть использована для реализации детектора мощности с высокой точностью измерения.

Благодаря большой свободе проектирования, которую дает архитектура компонента, возможностям программирования, а также низкой

потребляемой мощности и малым габаритам AD9361 представляет интерес для многих приложений. Далее будут рассмотрены несколько примеров применения данной технологии, иллюстрирующие гибкость конфигураций, которые делают этот радиотрансивер оптимальным решением.

Фемтосоты /USB-модемы для 3G/4G

Современные системы беспроводной сотовой связи третьего и четвертого поколений (3G и 4G) работают в целом ряде частотных диапазонов от 450 МГц до 3,8 ГГц. Эти системы оптимизированы для обеспечения максимальной скорости передачи данных, необходимой, чтобы удовлетворить потребность пользователей в быстрой загрузке данных. Кроме того, в стандарте 4G, LTE (Long Term Evolution) определена поддержка нескольких значений ширины полосы канала (1,4, 3, 5, 10, 15 и 20 МГц), что также накладывает определенные ограничения при выборе оптимальных компонентов системы.

В небольших устройствах сотовой связи, таких как USB-модемы, цифровой процессор сигналов полосы модулирующих частот, компоненты подсистемы питания и компоненты ВЧ-интерфейса оставляют очень мало места для остальной части радиотракта.

AD9361 делает возможной реализацию подобных устройств с малым форм-фактором благодаря интеграции преобразователей данных, смесителей, цепей аналоговой фильтрации, синтезаторов частоты несущей и других компонентов на одном кристалле.

При разработке устройств для такого быстроразвивающегося рынка, как маломощные беспроводные точки доступа (фемтосоты), инженеры также сталкиваются с определенными трудностями. В фемтосотах обычно необходимо обеспечить более высокое качество формирования сигнала по сравнению с модемами, особенно когда требуемая мощность выходного сигнала передатчика достигает 2 Вт на антенну. AD9361

легко сопрягается с аналоговыми схемами внедрения предсказаний, которые ограничивают рост побочных спектральных составляющих, порождаемых усилителем мощности.

Это позволяет разработчикам фемтосот получить желаемую выходную мощность, в то же время не нарушая требований 3GPP к уровню побочных излучений. Несмотря на значительные различия между фемтосотами и модемами, в обеих этих областях применения требуется низкая потребляемая мощность.

Модемы могут работать с питанием от батарей и для продления срока службы батареи должны потреблять очень низкую мощность. Фемтосота может питаться через кабельную структуру (через Ethernet, PoE), и поэтому потребляемая мощность не должна превышать мощность, которую можно передать через кабель. AD9361 обладает низкой потребляемой мощностью, которая удовлетворяет обоим типам приложений.

Узкополосные военные радиотехнические средства

Военные радиотехнические средства должны покрывать очень широкий диапазон частот несущей и одновременно обеспечивать возможность выбора очень маленького участка этого диапазона для дальнейшей обработки. Благодаря рабочему диапазону частот 70 МГц..6 ГГц и непрерывной регулировке ширины полосы в пределах от 200 кГц до 56 МГц AD9361 легко адаптируется под различные частотные планы.

Радиотехническими средствами традиционно оснащаются очень небольшой процент воинского состава, поскольку собственные габариты и вес, а также вес источника питания делают непрактичным оснащение ими каждого солдата. Высокий уровень интеграции и низкое энергопотребление AD9361 позволяют значительно сократить габариты и вес радиотехнических средств, что, в свою очередь, позволяет по-новому взглянуть на их распределение среди состава.

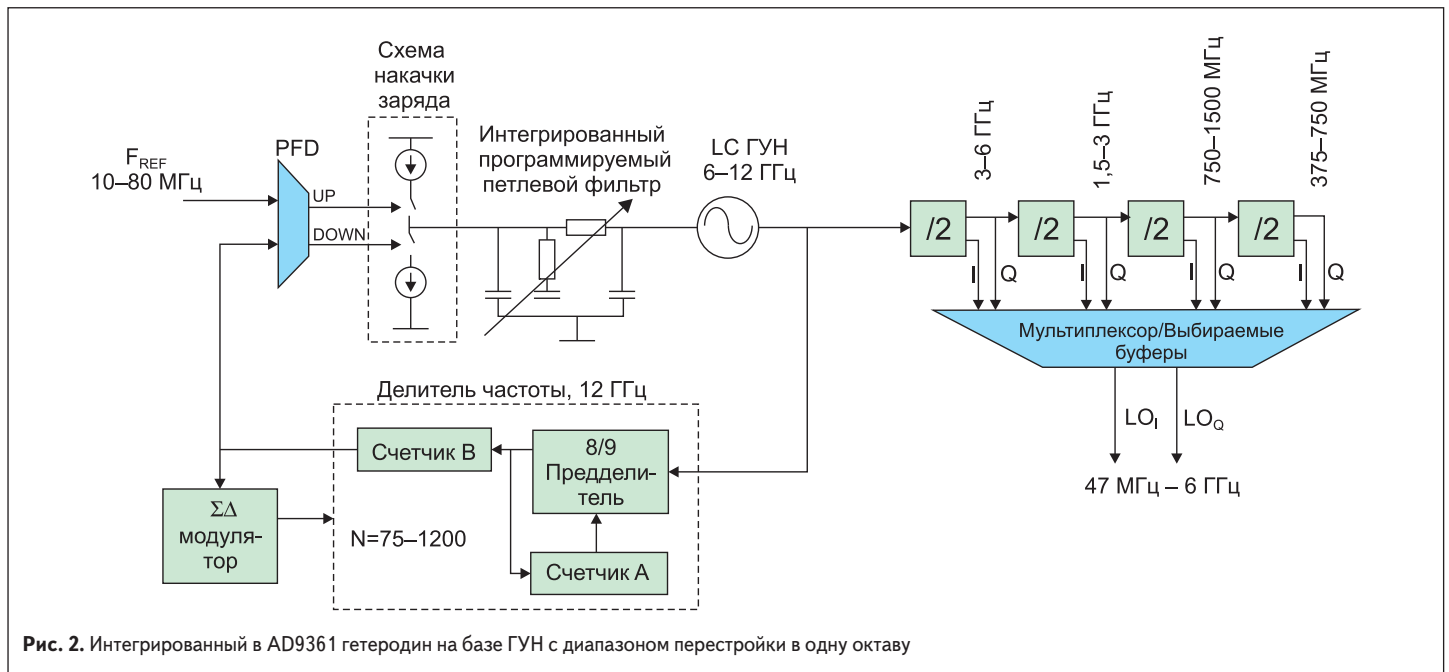


Рис. 2. Интегрированный в AD9361 гетеродин на базе ГУН с диапазоном перестройки в одну октаву

Военные радиотехнические средства используются как для простой связи между отдельными абонентами, так и в широком спектре других задач, в большинстве которых необходима работа с нестандартизованными форматами сигналов и типами модуляции. Благодаря тому что AD9361 может быть сконфигурирован для работы с широким диапазоном частот дискретизации, а его характеристики не зависят от формы сигнала и типа модуляции, компонент может применяться в самых различных областях оборонной электроники.

Широкополосные каналы радиосвязи «точка–точка»

Практически во всех системах беспроводной связи необходим магистральный канал того или иного типа для связи между компонентами системы. В системах сотовой связи, когда это целесообразно с практической точки зрения, подобный магистральный канал реализуется путем соединения базовых станций (БС) проводными (например, T1) или волоконно-оптическими линиями. Однако во многих случаях расположение вышки сотовой связи делает непосредственное соединение с ней очень дорогим или непрак-

тичным. В подобных ситуациях, как правило, используется беспроводной магистральный канал, реализованный при помощи системы радиосвязи типа «точка–точка». Рабочие частоты типичного канала «точка–точка» для систем сотовой связи лежат в диапазоне 5–38 ГГц (и выше). Рабочая ширина полосы таких каналов на сегодня может достигать 56 МГц, и производители стремятся увеличить ее до 112 МГц и более.

При рабочих частотах менее 6 ГГц AD9361 обеспечивает решение с высокой степенью интеграции, поддерживающее ширину полосы канала до 56 МГц и обеспечивающее доста-

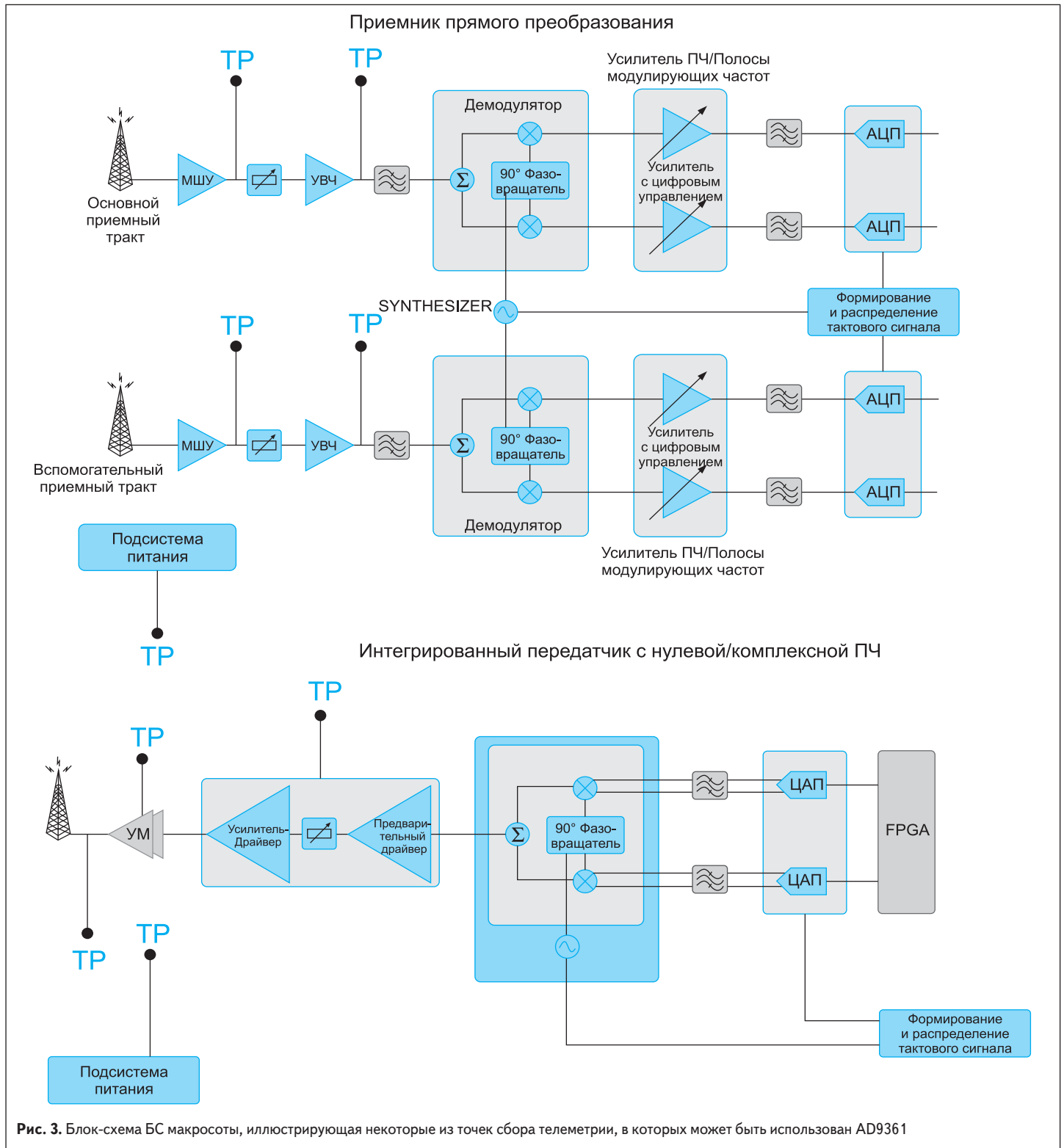


Рис. 3. Блок-схема БС макросоты, иллюстрирующая некоторые из точек сбора телеметрии, в которых может быть использован AD9361

точную линейность передатчика и приемника для работы с QAM-256. При рабочих частотах выше 6 ГГц устройство можно сконфигурировать для реализации полнофункционального тракта промежуточной частоты (ПЧ) канала радиосвязи «точка–точка», позволяя сократить общие габариты и стоимость системы.

Контроль/управление каскадами ВЧ и другими компонентами БС макросот

Все пользователи сотовых телефонов хотят круглосуточно иметь стопроцентное покрытие для обмена данными, голосовой связи и осуществления экстренных вызовов. Это требует огромной надежности инфраструктуры сотовой сети.

Для гарантии надлежащей работы и выявления тенденций к ухудшению характеристик или эффектов старения системных компонентов в современных БС систем сотовой связи необходим постоянный мониторинг их состояния. Данная функция реализуется путем размещения измерительных блоков в различных точках сигнального тракта для сбора данных и последующего анализа.

Собранные данные телеметрии используются для контроля состояния БС и наблюдения за изменением показателей, что позволяет предсказывать возможные отказы и производить профилактическое обслуживание системы до ее отключения. Кроме того, эти данные позволяют ускорить процесс ремонта при выходе системы из строя, упрощая локализацию места, в котором произошел отказ.

Повышенная универсальность и широкие возможности программного конфигурирования делают AD9361 естественным выбором для сбора телеметрии в подобных задачах. Широкий рабочий диапазон частот устройства позволяет перекрыть рабочие диапазоны всех стандартов сотовой связи. Все изменения рабочей полосы частот управляются программными настройками устройства. Кроме того, каждый приемник и передатчик имеют по три программируемых входа и выхода, что дает возможность одновременно осуществлять контроль сразу в нескольких точках сигнального тракта БС.

Поскольку при проектировании AD9361 учитывалась возможность его применения в многоантенных системах MIMO (Multiple Input Multiple Output), приемопередатчик имеет два тракта приема и два тракта передачи.

Это упрощает его применение в задачах сбора телеметрии в базовых станциях 4G.

В системах сбора телеметрии передатчик AD9361 может быть использован для формирования однональных сигналов или сигналов сложной формы, подмешиваемых к основному для тестирования сигнальных трактов.

В приемных трактах БС контроля требуются такие параметры, как, например, характеристики каскадов МШУ, рассогласование антенного интерфейса и характеристики компонентов фильтрации (эффекты воздействия температуры и старения). Собранные в различных точках приемного тракта данные позволяют осуществлять подстройку в режиме реального времени для поддержания оптимальных характеристик приемника. Аналогичным образом, собранные в тракте передачи данные телеметрии позволяют корректировать мощность передатчика при изменениях температуры и проявлении эффектов старения. Кроме того, AD9361 содержит один вспомогательный АЦП и два вспомогательных ЦАП. Они позволяют реализовать различные функции контроля/коррекции статических параметров БС, включая измерение напряжений или токов смещения различных каскадов ВЧ (МШУ, УМ и т. п.) и их регулировку путем программирования выходных уровней вспомогательных ЦАП. Также вспомогательные АЦП и ЦАП могут быть использованы для измерения и коррекции напряжений питания различных каскадов БС. Вспомогательный АЦП можно сконфигурировать для измерения показаний внутреннего диодного датчика температуры AD9361. Это дает возможность анализировать телеметрические данные не только во времени, но и в зависимости от изменений температуры.

Кроме того, AD9361 содержит четыре универсальных цифровых выхода (GPO), которые управляются через интерфейс шины SPI. Выводы GPO можно использовать для подключения или отключения источников контролируемых сигналов БС, а также программного управления разнообразными тестовыми сигналами.

На рис. 3 изображена блок-схема типичной БС макросоты и отмечены точки, в которых AD9361 может применяться для сбора телеметрии.

В заключение можно сказать, что AD9361 — это однокристалльный приемопередатчик с широкими возможностями программного конфигурирования, которые позволяют применять его во множестве самых разнообразных приложений. ■