

## Решения для анализа средств беспроводной связи, построенных на базе стандарта DigRF v3

Джим МАЕВСКИ

**Пока команды разработчиков средств беспроводной связи соревнуются в реализации интегральных схем (ИС), совместимых со стандартом DigRF v3 и предназначенных для обработки радиочастотных и модулирующих сигналов, цифровые последовательные интерфейсы переключаются со столов конструкторов специализированных ИС на производство.**

**D**igRF представляет собой недавно разработанный стандарт цифрового последовательного интерфейса между радиочастотными интегральными схемами (ВЧ-ИС) и интегральными схемами цифровой обработки сигнала (ИС-ЦОС).

Стандарт DigRF v3 разработан рабочей группой, в состав которой входили технические и коммерческие представители многих ведущих производителей ВЧ-ИС, ИС-ЦОС и беспроводного мобильного оборудования. Производители беспроводного мобильного оборудования разработали стандарт DigRF v3 для обеспечения операционной совместимости между ВЧ-ИС и ИС-ЦОС разных поставщиков. Три основных преимущества стандарта DigRF v3 — повышенная скорость передачи данных, меньшая цена за счет снижения числа выводов корпуса и высокая экономичность за счет реализации высокоскоростного, маломощного и ждущего режимов.

Стандарт DigRF v3 определяет цифровой последовательный интерфейс, заменяющий аналоговый интерфейс, который использовался в мобильных телефонах предыдущего поколения. Стандарт DigRF v3 поддерживает различные эфирные стандарты 2G и 3GPP. Базовый физический уровень стандарта DigRF v3 реализован в виде шестипроводного интерфейса. Независимые дифференциальные сигналы передачи (Tx) и приема (Rx) обеспечивают одновременное двунаправленное взаимодействие между ВЧ-ИС и ИС-ЦОС. Тактовые частоты SysClk и SysClkEn отвечают за синхронизацию передачи и приема цифровых последовательных данных. Стандарт DigRF v3 определяет два базовых типа пакетов. Управляющие пакеты обычно генерируются ИС-ЦОС с целью настройки ВЧ-ИС. Кроме того, управляющие пакеты используются для обмена информацией о состоянии между ВЧ-ИС и ИС-ЦОС. Цифровая инфор-

мация, которая передается в сигналах с квадратурными составляющими (IQ-сигналы), передается между ВЧ-ИС и ИС-ЦОС в пакетах данных стандарта DigRF v3.

Чтобы обеспечить эффективную отладку и измерение параметров компонентов и устройств, использующих стандарт DigRF v3, контрольно-измерительные приборы и системы должны постоянно совершенствоваться. Такие приборы, как анализаторы спектра и источники ВЧ-сигналов, обычно применяемые для отладки, безусловно, необходимы, но их недостаточно для работы с устройствами, построенными на базе стандарта DigRF v3. Для радиointерфейса ВЧ-ИС по-прежнему требуются традиционные контрольно-измерительные приборы ВЧ-диапазона. Но поскольку вместо аналогового интерфейса между ВЧ-ИС и ИС-ЦОС используется цифровой интерфейс стандарта DigRF v3, анализатор спектра уже не может выполнять измерения в этой критической точке системы.

Компания Agilent Technologies активно ведет исследования в области радиочастотного и цифрового тестирования, чтобы предложить комбинированные ВЧ-цифровые решения разработчикам элементной базы (ВЧ-ИС и ИС-ЦОС) и телефонов, применяющим стандарт DigRF v3. Для работы с сигналами стандарта DigRF v3 компания Agilent разработала цифровое устройство генерации тестовых воздействий N4860A и цифровое устройство захвата цифровых потоков N4850A для семейства логических анализаторов 16800/16900. Устройства подключаются к источникам радиочастотного сигнала E4438C, анализатору спектра N9020A, векторному анализатору сигналов 89601A и совместимы с программным обеспечением Signal Studio для генерации ВЧ-сигналов, что позволяет создавать ВЧ-цифровые измерительные решения для разработчиков телефонов или ВЧ-ИС

и ИС-ЦОС. Разработчики могут быстро переключаться между цифровыми и ВЧ-измерениями для эффективной отладки и проверки своих устройств.

На рис. 1 показана типовая схема подключения для ВЧ-цифрового измерения. Измерение параметров передатчика выполняется с помощью логического анализатора с цифровым устройством захвата и анализатора спектра. ИС-ЦОС переводит ВЧ-ИС в режим передачи, посылая управляющие пакеты через интерфейс стандарта DigRF v3. Цифровое устройство захвата потоков захватывает управляющие пакеты, которые отображаются на логическом анализаторе средством просмотра пакетов. Эта функция позволяет проверять работу коммуникационных алгоритмов ВЧ-ИС. ИС-ЦОС генерирует пакеты данных стандарта DigRF v3, содержащие цифровые сигналы с квадратурными составляющими (IQ), которые должны передаваться с помощью ВЧ-ИС. Устройство захвата цифровых потоков следит за пакетами данных стандарта DigRF v3. Информация, которая передается в IQ-сигналах, извлекается из пакетов, и пользователь может анализировать ее в цифровой форме или в частотной области с помощью средств векторного анализа сигналов логического анализатора. ВЧ-ИС преобразует цифровую IQ-информацию в эфирный ВЧ-сигнал. Анализатор спектра захватывает ВЧ-сигнал, который можно анализировать средствами векторного анализа сигналов. С помощью этих средств просмотра пользователь может сравнить цифровые данные IQ, поступающие на ВЧ-ИС, с выходным ВЧ-сигналом. Это позволяет обнаружить отклонения в работе ВЧ-ИС (например, непрогнозируемые искажения) и внести соответствующие изменения в алгоритмы ИС-ЦОС, чтобы обеспечить компенсирующие предискажения.

Измерение параметров приемника можно выполнить с помощью логического анализатора и генератора ВЧ-сигнала. Необходимый сигнал создается в ПО генерации ВЧ-сигналов. ИС-ЦОС переводит ВЧ-ИС в режим приема сигнала. Логический анализатор контролирует обмен данными между ВЧ-ИС и ИС-ЦОС, чтобы проверить правильность настройки ВЧ-ИС. ВЧ-ИС обрабатывает сигнал, созданный источником ВЧ-сигнала, и подает результирующее цифровое представление IQ-сигнала на ИС-ЦОС через интерфейс стандарта DigRF v3. Логический анализатор захватывает пакеты данных стандарта DigRF v3 и извлекает цифровое представление IQ из ВЧ-сигнала. Затем логический анализатор выполняет векторный анализ цифрового сигнала IQ для сравнения его с исходным ВЧ-сигналом, который подавался на ВЧ-ИС. Логический анализатор использует контрольные порты ИС-ЦОС для отсечения цифровой обработки сигнала IQ-данных внутри ИС-ЦОС. С помощью этих функций инженер может наиболее полно оценить характеристики ВЧ-ИС и алгоритмы цифровой обработки сигнала, что необходимо для оптимизации характеристик телефона.

Одной из основных причин разработки стандарта DigRF v3 стала необходимость обеспечить операционную совместимость между изделиями разных производителей. В свете операционной совместимости предполагается, что группы разработчиков будут проверять поведение ВЧ-ИС независимо от ИС-ЦОС. Как видно на рис. 2, схема проверки ВЧ-ИС включает логический анализатор с устройством генерации тестовых воздействий и устройством захвата цифровых потоков стандарта DigRF v3, источник ВЧ-сигнала и анализатор спектра.

Для оценки работы передатчика ВЧ-ИС переводится в режим передачи через интерфейс стандарта DigRF v3. Желаемая конфигурация вводится в логический анализатор, который генерирует совместимые с DigRF v3 управляющие пакеты и передает их в ВЧ-ИС. Цифровое представление IQ-данных ВЧ-сигнала создается с помощью ПО генерации ВЧ-сигналов и загружается в логический анализатор. Логический анализатор пакетирует цифровые данные IQ и передает эти пакеты в ВЧ-ИС, соблюдая необходимые временные соотношения. ВЧ-ИС преобразует цифровые данные IQ в ВЧ-сигнал, который регистрируется анализатором спектра. Векторный анализ ВЧ-сигнала позволяет получить характеристики ВЧ-ИС.

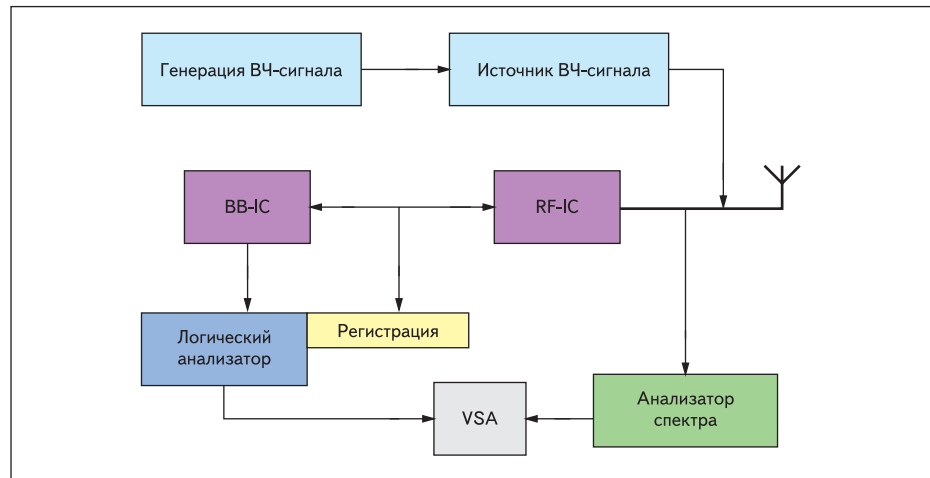


Рис. 1. Типовая схема подключения для ВЧ-цифрового измерения

Работа приемника ВЧ-ИС оценивается путем перевода ВЧ-ИС в режим приема сигнала с помощью логического анализатора и устройства генерации тестовых воздействий. Полезный сигнал создается в ПО генерации ВЧ-сигнала и загружается в источник сигнала. Источник сигнала подает сигнал на ВЧ-ИС, которая обрабатывает сигнал и выводит цифровое представление сигнала IQ на интерфейс стандарта DigRF (версии 3). Цифровое устройство регистрации, работая в паре с логическим анализатором, захватывает пакеты данных и извлекает цифровой сигнал IQ для векторного анализа.

Разработчики могут использовать возможности таких комбинированных ВЧ-цифровых решений для независимой оценки поведения ВЧ-ИС на кремниевых пластинах с учетом граничных значений и условий окружающей среды. Характеристики можно документиро-

вать до этапа интеграции и, при необходимости, можно с уверенностью выполнять настройку ВЧ-ИС по результатам оценки, которую позволяют сделать ВЧ-цифровые решения компании Agilent.

Разработчики ИС-ЦОС могут проверять свои компоненты с помощью контрольно-измерительной конфигурации, показанной на рис. 3. С помощью устройства захвата цифровых потоков логический анализатор следит за трафиком стандарта DigRF v3, генерируемым ИС-ЦОС на выводе Tx. Управляющие пакеты перехватываются и декодируются для отображения на логическом анализаторе с помощью средства просмотра пакетов. Генерируемые ИС-ЦОС пакеты данных захватываются устройством регистрации. Данные IQ извлекаются из пакетов и анализируются на логическом анализаторе средствами векторного анализа сигналов. Одновременно с этим логический анализатор может отслеживать работу контроллера и цифрового сигнального процессора (DSP), расположенных внутри ИС-ЦОС, благодаря наличию контрольных портов ИС-ЦОС. Сравнение трафика, генерируемого интерфейсом стандарта DigRF v3 с внутренней работой контроллера и DSP, позволяет разработчикам

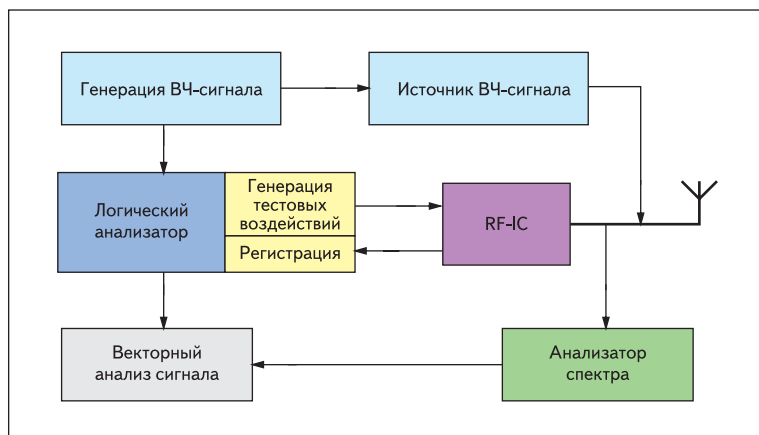


Рис. 2. Схема проверки ВЧ-ИС

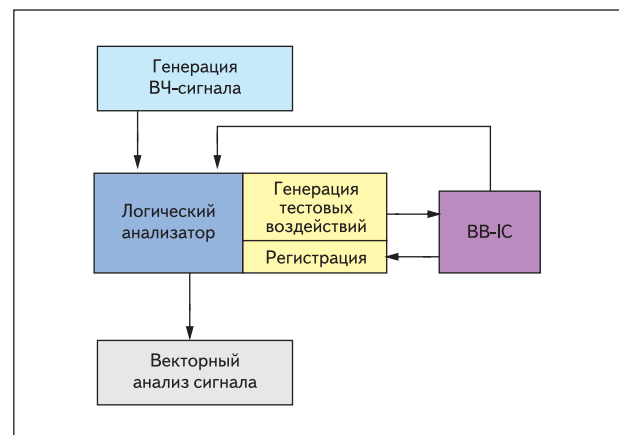


Рис. 3. Схема проверки ИС-ЦОС

ИС-ЦОС отлаживать аппаратные алгоритмы, микропрограммы контроллеров и алгоритмы работы DSP. Цифровые последовательные сигналы для приемного (Rx) тракта стандарта DigRF v3 в ИС-ЦОС генерируются устройством генерации тестовых воздействий, работающим в паре с логическим анализатором. Управляющая информация и информация о состоянии, которая обычно генерируется ВЧ-ИС, вводится в логический

анализатор, преобразуется в формат стандарта DigRF v3 и подается на ИС-ЦОС. Логический анализатор может следить за обработкой смоделированных управляющих пакетов ВЧ-ИС, используя контрольный порт ИС-ЦОС для проверки правильности декодирования и ответной реакции на критические сигналы, например, на бит готовности к передаче «clear to send». Обработка цифровых пакетов данных IQ выполняется путем

загрузки цифрового IQ-представления ВЧ-сигнала в логический анализатор. Логический анализатор пакетирует цифровые данные IQ и подает сигнал на интерфейс стандарта DigRF v3 через устройство генерации тестовых воздействий, соблюдая необходимые временные соотношения. Используя контрольные порты, логический анализатор может отслеживать обработку цифровых данных IQ, подаваемых на ИС-ЦОС. ■