

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ СИСТЕМЫ ЧТО ОЖИДАТЬ В 2013 ГОДУ?

В.Майская

Промышленность автоматических тестовых систем (АТС) давно считается поставщиком платформ, без которых невозможно оценить работоспособность и характеристики разнообразных электронных устройств. Повышение производительности электронных приборов, их миниатюризация, развитие беспроводной технологии и расширение применения ПК в контрольно-измерительном оборудовании (КИО) все сильнее влияют на его развитие. И если недавно клиентскую базу АТС в основном составляли компании, создававшие аэрокосмические системы, то теперь ее формируют остро конкурирующие компании связанной и полупроводниковой отраслей промышленности. При этом АТС должны соответствовать тенденциям расширения функциональности и сокращения стоимости электронных изделий. А это требует повышения точности и скорости оборудования, а также снижения его стоимости. Поэтому одна из основных задач специалистов и руководителей служб испытаний электронных компонентов – знать современные тенденции развития АТС. Доступных специалистам источников информации, помогающих решить эту задачу, мало. Вот почему интересен ежегодно публикуемый компанией National Instruments обзор "Перспективы автоматизации испытаний" (Automated Test Outlook), который помимо технологических тенденций рассматривает вопросы развития бизнеса и экономики автоматизированных испытаний.

## РЫНОК КИО

Поданным компании TechNavio (Великобритания), оценивающей тенденции развития технологий, влияющих на состояние рынка, среднегодовые темпы роста продаж контрольно-измерительного оборудования за период 2011-2015 годы составят 24,5%. А компания Global Industry Analysts (GIA) (издательство, публикующее исследования

рынков выпускаемых промышленностью изделий) прогнозирует, что мировой объем продаж универсального КИО к 2017 году достигнет 4,5 млрд. долл.

Основное производство КИО, особенно высокорентабельного, сосредоточено в США. Максимальные темпы развития производства (4,5%) ожидаются для азиатских стран

благодаря многообещающим рынкам Китая, Кореи и Малайзии. Самый крупный сегмент рынка КИО – осциллографы. По оценке директора отделения КИО компании Frost & Sullivan Джесси Кавазоса, темпы роста продаж осциллографов высшего разряда уже составляют 20%. Правда, этот показатель не характерен для всего рынка КИО, темпы роста которого ниже. Однако распространенность электронных систем и увеличение их функциональности должны способствовать увеличению рынка.

Крупнейшие поставщики контрольно-измерительного оборудования, по оценкам TechNavio, – Agilent Technologies, Danaher, JDS Uniphase и SPX. Но поскольку Джесси Кавазос учитывает потребление контрольно-испытательного оборудования полупроводниковой промышленностью, он относит к ведущим поставщикам компании Teradune и Advantest. Лидерами на рынке он считает Danaher/Tektronix и Agilent. Третье место по объему продаж занимает компания Teradune, но так как она поставляет продукцию полупроводниковой промышленности, ее иногда не относят к производителям универсального оборудования. По оценкам Frost & Sullivan, ежегодные объемы продаж КИО каждой из двух лидирующих

компаний достигают 3,4 млрд. долл. при ежегодном приросте на 12%. Правда, еще более высокие темпы роста доходов у компании Anritsu (Япония) – 31,9%. В основном это обусловлено успешной продажей продукции в секторе беспроводных систем. Компания National Instruments планирует увеличить объем продаж тестового оборудования в 2016 году с современного уровня в 1 млрд. до 2 млрд. долл.

На рынок КИО, по оценкам Frost & Sullivan, особое влияние окажут изготовители мобильных систем и средств беспроводного подключения, особенно в связи с растущим интересом к новому стандарту беспроводных компьютерных сетей IEEE 802.11ac. Следует обратить внимание и на постоянное увеличение производительности электронных устройств.

Вопросы развития автоматизированных тестовых систем, преодоление технологических барьеров весьма интересны. Так что же прогнозирует на 2013 год компания National Instruments?

### ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ НА 2013 ГОД

Будучи поставщиком тестовых систем более чем для 35 тыс. компаний ежегодно, National

Instruments получает множество отзывов из разных стран и регионов. Эти отзывы, а также опрос тысячи промышленных экспертов, потребителей, исследователей и поставщиков АТС образуют обширную и качественную базу данных для оценки основных технологий и методов, которые будут формировать современное и будущее состояние автоматизированных испытаний. На основе полученных сведений компания составляет обзор, посвященный перспективам развития автоматизированных испытаний. В выпуске этого года рассматриваются пять основных направлений:

- стратегия бизнеса – экономические аспекты испытаний;
- архитектура – супермассивы аналоговых данных;
- компьютерная технология – ориентированные на программные средства экосистемы;
- программные средства – качество программных средств испытательных систем;
- ввод-вывод данных – проблемы закона Мура для высокочастотной технологии.

### **Экономические аспекты автоматизированных испытаний**

Первое направление, рассматриваемое в обзоре, – усиление роли экономических аспектов испытаний. Это особенно справедливо для компаний, которых интересуют испытания, не вносящие в стоимость конечного изделия стоимость реальных активов. Как любая деловая активность, испытания должны финансироваться и в то же время обеспечивать возможность получения максимальных доходов. Для сохранения позиций на рынке предприниматели полагаются на такие финансовые и деловые показатели, как прибыль на инвестированный капитал (Return On Invested Capital, ROIC), экономическая рентабельность (Return On Assets, ROA), сроки выхода на рынок, размер прибыли и качество выпускаемого изделия. Однако методы расчетов, используемые для оценки деятельности тестовых организаций, не достаточно стандартизированы.

Дело в подходе к такой оценке тестовых подразделений многих компаний, стратегия которых не рассчитана на перспективу или у которых отсутствуют эффективные финансовые показатели. Руководители этих подразделений рассматривают проблемы тестирования с точки зрения "как снизить стоимость испытаний?" и не интересуются, какие вложения (трудозатраты, усовершенствованные процессы и технология) нужны для улучшения деловых показателей. Как показал,

проведенный компанией в 2012 году обзор передовых тестовых организаций, примерно 66% их бюджета тратится на эксплуатационные расходы, включая ремонт, и только 34% – на развитие бизнес-потенциала, т.е. эти организации лишь постепенно совершенствуют операции испытаний.

Чтобы резко улучшить характеристики своих изделий без повышения их стоимости и оправдать программы стратегического инвестирования в испытания, тестовые организации опираются на такие финансовые показатели, как рентабельность, удельные затраты на испытание изделия, ежегодные затраты на испытания и сумма сэкономленных средств, а также период окупаемости инвестиций и отношение основных расходов к неосновным. Правильный расчет выявляет все долговременные расходы по определенным статьям тестирования и обеспечивает финансовую основу для оправдания будущих стратегических инвестиций.

Основной способ определения рентабельности тестовой организации – расчет совокупной стоимости владения, учитывающий, помимо капитальных затрат на оборудование, предварительные затраты на разработку, на подготовку к эксплуатации и производственные/трудовые затраты. Точные расчеты совокупной стоимости владения весьма ценны при определении статей инвестирования для получения максимальной прибыли и статей перераспределения ресурсов. Однако учитываемые финансовые показатели у разных организаций могут отличаться.

Результаты деятельности структурных подразделений или производственных участков крупных организаций, как правило, различны. Каждое подразделение обычно владеет собственными методами разработки и процессами изготовления, а также ресурсами. Поскольку подразделение разрабатывает тестовые системы для выпускаемой продукции, состав оборудования отдельных производственных линий неоднороден. Разработка общей платформы для совокупности многих тестовых систем позволяет сократить не только капитальные затраты благодаря экономии за счет роста производства, но и производственные, и трудовые затраты в результате сокращения числа операторов и техников. Компания, использовавшая такую методику, сумела на 46% снизить затраты на производственные испытания и при этом увеличить скорость тестирования на 57%. В результате прибыль на инвестированный капитал составила 27%, а срок окупаемости – всего восемь месяцев.

Компания Harris предпочла стратегию параллельного тестирования многих изделий и тем самым сократила затраты на испытания на 74%, получила прибыль на инвестированный капитал 185% и срок окупаемости – менее трех месяцев. А отделение домашних средств оказания медицинской помощи компании Philips сумело сэкономить 4,5 млн. долл. благодаря выявлению неисправностей на этапе разработки, а не на этапе производства изделия\*. Затраты на выявление программных ошибок были сокращены на 86%, на 347% увеличена эффективность разработки прикладного программного обеспечения испытаний и на 73% снижены трудозатраты. Прибыль на инвестированный капитал составила 316%, а срок окупаемости – три месяца. Специалисты National Instruments считают, что компания, которая способна добиться такого сокращения программных ошибок, может уверенно вкладывать деньги в тестовое оборудование.

\* Проведенный компанией National Instruments анализ более 60 проектов разработки программного обеспечения показал, что расходы на обнаружение неисправности при производстве изделия в 21–78 раз больше, чем при разработке.

Расчет и отслеживание финансовых показателей – необходимые меры для любой концепции и стратегии развития тестирования. Обоснование инвестиций в испытания опирается на определение прибыли на долгосрочный инвестированный капитал и показателей, фиксирующих успех развернутых операций тестирования. Расчет совокупной стоимости владения тестовым инструментарием позволяет оценить варианты инвестирования и повлиять на деловые показатели.

Увеличение эффективности испытаний и объема собираемых данных при тестировании – это, конечно, большое достижение. Но что делать с данными большого объема? Эта проблема рассмотрена во втором прогнозируемом на 2013 год направлении развития АТС.

### Супермассивы аналоговых данных

Сегодня технический уровень производителя систем тестирования электронной техники во многом определяет не объем полученных данных, а насколько быстро он "разбирается" с этими данными. Если раньше частота дискретизации аппаратных средств, зависящая от быстродействия аналого-цифровых преобразователей, ограничивала объем обрабатываемых данных, то

сегодня характеристики аппаратных средств не сдерживают возможности средств сбора данных. Увеличение производительности микропроцессоров и объема памяти при сокращении стоимости аппаратных и программных средств привело к резкому увеличению объема и скорости получения данных. При проведении измерений инженеры могут получать большие объемы данных ежесекундно каждый день. Например, четырехмоторный аэробус при перелете Атлантического океана каждые 30 мин генерирует 10 Тбайт данных о работе своих систем.

Инженерам и ученым наиболее интересны данные, характеризующие физический мир. Это и привело к возникновению проблемы супермассива аналоговых данных, которые получают при измерении колебаний, ВЧ-сигналов, температуры, давления, силы звука, качества изображения, яркости светового излучения, уровня магнетизма, напряжения и т.п.

Таким образом, перед информационной промышленностью стоят задачи хранения и извлечения (анализа, интерпретации и представления) супермассива данных. Проблема заключается в том, что интегрированного решения, пригодного для приведения в действие распределенных автоматических тестовых узлов (Distributed Automatic Test Node, DATN), способных извлекать данные, не существует.

Задачи, выдвигаемые супермассивом аналоговых данных, привели к развитию трех направлений технологии извлечения данных.

#### **Извлечение контекстуальных данных**

Извлечение данных предусматривает сохранение контекстуальной информации наряду с первичными цифровыми данными с тем, чтобы вести поиск и преобразовывать большой объем информации в более удобный для управления объем. Хранение первоначальных данных совместно с контекстом, или "метаданными", упрощает их суммирование, локализацию, манипулирование ими и их осмысление.

Контекстуальная информация позволяет получать подробные сведения о типе тестируемого прибора, его изготовителе, разработчике, номере модели, дате модификации. Чем больше такой информации хранится с чистыми данными, тем более эффективно она прослеживается на протяжении срока разработки, ведется ее поиск или локализация и с помощью специализированных программных средств постобработки данных ее можно коррелировать с данными будущих измерений.

#### **Разумные узлы сбора данных**

Системы сбора данных чрезвычайно разнообразны. Инженеры и ученые вкладывают значительные средства в создание перспективных систем, но их первоначальные данные нельзя рассматривать как конечный результат проводимых испытаний. Они используются в качестве входных данных алгоритмов анализа или обработки, которые и позволяют получить реальные результаты. Кроме того, при контроле условий окружающей среды, эксплуатационной среды структур или механизмов периодически возможна невысокая скорость сбора данных, которая при фиксации какой-либо нестандартной ситуации резко возрастает. Для получения результатов на основе первоначальных данных или регулировки методики измерений в соответствии с условиями их проведения система сбора данных должна быть "разумной". Чтобы не перезагружать стандартные коммуникационные шины, пересылающие данные измерений хост-компьютеру ("разуму" системы), и не прибегать к локальному хранению данных и пересылке файлов для постобработки после завершения испытаний (что увеличивает время получения полезных результатов), производители улучшают средства обработки данных измерительных систем за счет применения новейших технологий компаний ARM, Intel и Xilinx. Сегодня современная аппаратура сбора данных содержит высокопроизводительные многоядерные процессоры, выполняющие одновременно алгоритмы интенсивного анализа и измерения, и стандартные схемы памяти большой емкости. Такие разумные системы измерений анализируют и выводят результаты измерений, не дожидаясь поступления больших массивов данных и первоначально не записывая их, что позволяет эффективнее использовать дисковую память.

#### **Увеличение объема обрабатываемых данных и выполнение расчетов в облаке**

Объединение средств сбора данных и внутрисистемных разумных устройств привело к увеличению числа встроенных или дистанционно управляемых систем и созданию совершенно новых компьютерных комплексов. В результате проникновения "разума" в физический мир и формирования наборов данных, касающихся практически любой среды, в которой действует человек, появилась вычислительная сеть физических объектов/"вещей", оснащенных встроенными системами, которые обеспечивают их

взаимодействие друг с другом или с внешней средой, – Интернет вещей. Интернет вещей генерирует большие массивы данных дистанционных и промышленных систем, раскиданных по всему миру и не всегда работающих в благоприятных условиях. Современные облачные память, вычислительные мощности и средства обработки массивов данных позволяют создавать единый пункт агрегирования данных большого числа встроенных устройств (например, DAAN) и обеспечивать доступ к ним любой группе пользователей.

Обобщенное трехзвенное решение проблемы обработки супермассива аналоговых данных должно предусматривать наличие датчиков или актюаторов, автоматизированных тестовых узлов и ИТ-инфраструктуры или средств анализа массива данных и программного обеспечения. А поскольку требуемое высокоскоростное извлечение больших массивов данных упрощается, возникла проблема создания "сквозных" решений, требующих тесного взаимодействия автоматизированного тестового

и информационно-технического оборудования. Поставщики измерительных систем для автоматизированных испытаний ИТ-систем должны представлять интегрированные и связанные решения.

Задача извлечения большого объема данных потребовала формирования "могущественной" программно-ориентированной экосистемы (совкупности программных продуктов и сервисов, функционирующих в общей среде, обменивающихся данными и ресурсами и связанных с этим ПО сообществ разработчиков, систем поддержки пользователей, сайтов и т.п.).

### **Программно-ориентированная экосистема**

По утверждению экспертов компании National Instruments, программно-ориентированные экосистемы – необъятная область исследований, которая изменит методы проведения испытаний и в целом тестовую промышленность. Практически, каждый изготовитель электронных систем предъявляет свои особые требования к имеющемуся у него испытательному оборудованию



или к новым системам, представленным на рынке. Но количество и тип испытаний, которые может выполнять такое оборудование, ограничены. Поэтому сегодня производители стремятся как можно лучше адаптировать выпускаемое испытательное оборудование к специфическим потребностям многих заказчиков.

Это достигается с помощью либо перепрограммируемых приборов, подобных программируемым логическим матрицам (FPGA), либо программных средств. Перепрограммируемое тестовое оборудование позволяет инженерам, проводящим испытания, создавать системы, отвечающие их конкретным требованиям. К тому же, такое оборудование может выполнять и несколько видов испытаний, что оправдывает затраты на его приобретение.

Преобразования мобильных телефонов позволяют судить о важном факторе, влияющем на развитие контрольно-измерительного оборудования, – могуществе программно-ориентированной экосистемы. Функциональность и стремительный рост популярности мобильных телефонов, первоначально предназначавшихся только для того, чтобы делать звонки и отправлять текстовые сообщения, обусловлены формированием сообщества разработчиков приложений, которые и стимулировали их популярность. В первую очередь этому способствовали компании Apple и Google, которые сначала направили усилия на формирование программной среды мобильных устройств и только затем приступили к совершенствованию аппаратных средств. Продемонстрировав пользователям и сторонним производителям возможность выполнения их требований, эти компании успешно изменили отношение к мобильным телефонам.

Этот принцип присущ и промышленности тестовых систем. Сообщества разработчиков и субподрядных организаций с использованием стандартной технологии создают сложные аппаратные средства, которые могут найти применения, ранее недоступные для имеющихся на рынке устройств. Это достигнуто с помощью программно-ориентированных экосистем, обеспечивающих требуемую производительность тестового оборудования и взаимодействие измерительных приборов.

Для тестовой промышленности межотраслевое взаимодействие не ново. Такие промышленные сообщества, как фонд производителей взаимно-заменяемых виртуальных измерительных приборов (Interchangeable Virtual Instruments,

IVI Foundation), альянс производителей PXI-систем (PXI systems Alliance) и LXI-консорциум (LXI Consortium) существуют уже десятилетия. Активное участие в этих объединениях поставщиков программных средств, аппаратуры и как программных, так и аппаратных средств с целью установления совместимости различных запатентованных архитектур и простоты использования открытых архитектур стимулирует развитие предпринимательских экосистем (экоструктур, включающих поставщиков, дистрибьюторов, конкурентов, правительственные организации и т.п., занимающихся поставками специфических изделий или услуг на основе как конкуренции, так и сотрудничества).

Корни успешных экосистем – программное обеспечение. Пример прикладного программного обеспечения, пользу которого определяет поддерживающая его экосистема – система программных средств LabVIEW компании National Instruments. С ее помощью множество инженеров прошли обучение методам тестирования и смогли разработать дополнения, отвечающие требованиям приложений конечного пользователя. С каждым новым поставщиком, производителем, деловым конкурентом или заинтересованным лицом роль программных средств, предоставляемых заказчику, возрастает.

Успешная экосистема обеспечивает стандартизацию средств связи с драйверами взаимно-заменяемых виртуальных измерительных приборов. Благодаря созданию общих средств связи с аналогичными измерительными приборами различных поставщиков через интерфейс прикладного программирования оборудования IVI-фонд сократил циклы обучения пользователя и разработки поставщика. Сторонние компании получили возможность поставлять драйверы, создавать веб-сайты для их агрегации и аппаратные абстрактные слои. При хорошей архитектуре аппаратных абстрактных слоев освоение новой технологии тестовых систем, срок службы которых рассчитан на десятилетия, становится не только возможным, но и установившейся практикой.

При контроле тестируемого прибора программирование FPGA-вентильных матриц для понимания персоналом проводимых тестов необходим приемлемый ему уровень абстракции аппаратных и программных средств одного поставщика. При использовании этих решений в контексте программно-ориентированной экосистемы тестовая платформа по гибкости аналогична

применению несопоставимых или взаимозаменяемых аппаратных/программных средств.

Таким образом, программные экосистемы окажут существенное влияние на проектирование систем в последующие три-пять лет и будут играть важную роль в автоматизированных тестовых системах. И если ранее ценность испытательной системы определяли длительность испытаний и вложенные в нее средства, то теперь ее достоинство – наличие сообщества независимых поставщиков, субподрядчиков и консультантов, а также установленных стандартов, поддерживающих программную экосистему. Как отмечают эксперты компания Frost & Sullivan, программно-ориентированная экосистема – это важнейшее условие для выполнения требований, предъявляемых к следующим поколениям испытательного оборудования.

Поскольку роль программно-ориентированных экосистем испытательного оборудования усиливается, возрастает и необходимость гарантии надежности их программных средств, особенно

критически важных прикладных программ. Это определяет отмеченное компанией National Instruments четвертое важное направление развития измерительной техники в 2013 году.

### **Качество программных средств испытательных систем**

Единственно рентабельные средства освоения сложной технологии при жестких временных рамках, ограниченных ресурсах и "текучке" продукции – тестовые системы, ориентированные на программное обеспечение. Тестовое программное обеспечение стимулирует повышение качества и надежности программ путем управления техническим обслуживанием на протяжении жизненного цикла и применения методов разработки, принятых для встраиваемых систем. В ряде отраслей промышленности для улучшения программных средств тестирования и создания бездефектных тестовых систем с большими техническими возможностями уже используются такие методы, но для достижения эффективных результатов они



должны быть освоены большим числом отраслей. Оборудование, создаваемое для таких отраслей промышленности, как автомобильная, аэрокосмическая, медицинская, должно соответствовать жестким стандартам и допускам к эксплуатации. Редакция этих стандартов приводит к тщательной проверке качества и точности испытательного инструмента и налагает дополнительные обязательства по доказательству его соответствия выполняемым испытаниям. Коммерческие организации, не входящие в эти отрасли промышленности, сразу могут и не почувствовать воздействие таких тенденций, однако извлечь пользу из возможности раннего обнаружения неисправностей и снижения стоимости разработки они сумеют.

Например, в стандарт функциональной безопасности автомобильной промышленности ISO 26262, разработанный в ответ на рост применения встраиваемых систем и действующий на протяжении всего жизненного цикла изделия, включены разделы, касающиеся стандартизации процессов испытаний различных поставщиков с целью сокращения риска возникновения неисправностей, раннего их обнаружения и обеспечения безопасности в критических ситуациях. ISO 26262 – один из немногих стандартов, учитывающих значение программного обеспечения испытаний. В нем оговорены требования к сертификации измерительного инструмента, предусматривающие создание плана снижения рисков, позволяющего оценивать воздействие и критичность инструментария, а также необходимость документации этапов и процессов проверки участков наибольшего риска возникновения отказа. Цель – придание уверенности в отсутствии неисправностей, вносимых программным обеспечением тестового инструмента.

Как и в автомобильной промышленности, в ответ на увеличение сложности встраиваемых устройств управления аэрокосмических систем был разработан стандарт DO-254. А в стандарт DO-178C, определяющий требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники, включены требования к испытательному оборудованию.

Терминология и реализация стандартов различны, но они приводят методические указания по документации требований, предъявляемых к испытаниям, и доказательств их выполнения за счет повторных испытаний, проверок результатов и оперативного контроля требований. Примерный план включает:

- технические требования к испытанию;

- стандарты кодирования и методические указания, относящиеся к стилистике;
- документацию программного обеспечения и его оперативного контроля;
- требования к подготовке и проведению процессов испытаний.

При разработке тестового программного обеспечения рекомендуется следовать техническим методическим указаниям, предусматривающим регулярный пересмотр кодов и циклов испытаний. Важны методы управления конфигурацией системы, позволяющие выявлять изменения программного кода и другие артефакты, вносимые при разработке. Основная задача структурированной разработки – контроль и снижение риска неисправностей при внесении изменений в систему, а также раннее обнаружение неисправностей программного обеспечения и снижение затрат на их обнаружение.

Сосредоточение внимания к качеству тестового программного обеспечения связано с ростом сложности систем. Стандарты устанавливают высокие планки для используемых процессов и качества программных средств, но методы программирования гарантируют соответствие тестовых систем предъявляемым функциональным требованиям. Для этого инженерам по испытаниям необходимо понимать процесс создания программного обеспечения и разрабатывать испытания, результаты которых будут соответствовать теоретически ожидаемым данным. Это значит, что они должны быть знакомы с методами разработки программного обеспечения встраиваемых систем. Кроме того, им должны быть известны промышленные стандарты, соответствующие их требованиям. Используемое оборудование не должно затруднять генерацию документации, необходимой для выполнения условий стандарта.

И, наконец, последнее направление работ в области автоматизированного испытательного оборудования в этом году, рассмотренное в обзоре Automated Test Outlook, связано с тем, что возможности современного тестового оборудования не отвечают требованиям испытания многих устройств, развивающихся в соответствии с законом Мура. В первую очередь такая ситуация недопустима при испытании ВЧ-устройств.

### **ВЧ-техника сталкивается с законом Мура**

Еще в 2008 году специалисты компании National Instruments утверждали, что вскоре ВЧ измерительная аппаратура будет столь же широко



применяться в тестовых системах, как и цифровые универсальные измерительные приборы, и призывали инженеров, занятых испытаниями, изучать основы методики измерения ВЧ- и беспроводных устройств. Сегодня этот совет по-прежнему актуален. Разработка таких устройств активно развивается и потребность в них в обозримом будущем не уменьшится.

Цифровая революция не привела к вымиранию аналоговой технологии, напротив, наряду с экспоненциальным развитием цифрового мира улучшаются характеристики и растет разнообразие функций, выполняемых аналоговыми приборами и схемами обработки смешанного сигнала. При этом, как всегда, стоят задачи – "повысить" (функциональность, ширину полосы, динамический диапазон) и "снизить" (потребляемую энергию, габариты, стоимость). Как обычно, по мере появления все более сложных РЧ-систем от разработчиков АТС требуется увеличение их функциональности без увеличения времени и стоимости испытаний. Улучшение алгоритмов систем, повышение быстродействия шин и центральных процессоров, конечно, приводит к уменьшению времени испытаний. Чтобы РЧ контрольно-измерительное оборудование соответствовало развитию электронных устройств в соответствии с законом Мура, следует использовать при их проектировании перспективную КМОП-технология, более активно применять программируемые вентильные матрицы FPGA и уменьшать их формфактор.

До последнего времени из-за чрезвычайно жестких требований, предъявляемых к комплексным АТС, при их разработке большей частью использовали традиционные дискретные методы. И хотя точность и стабильность таких систем отвечали мировому уровню, затраты на разработку были очень высокими, а сам процесс разработки – сложным. К тому же, их характеристики не соответствовали темпам совершенствования испытываемых приборов в результате соблюдения закона Мура.

Развитие и распространение мобильных систем, совокупные годовые темпы роста которых, согласно прогнозам, в 2011-2017 годах составят 24,9%, приводит к быстрому переходу на новые стандарты беспроводной связи – IEEE 802.11ac и LTE. Чтобы отвечать меняющимся и все более жестким требованиям к испытаниям, поставщики тестового оборудования разрабатывают средства РЧ-испытаний на основе PXI конструктивных решений. К таким устройствам, выпущенным в последнее время, относятся векторные анализаторы цепей (VNA),

векторные анализаторы сигнала ((VSA) и векторные генераторы сигнала (VSG) компаний Aeroflex, Agilent и National Instruments. Поскольку мощность и габариты PXI-решений ограничены (~30 Вт на слот и формат кредитной карточки, соответственно), поставщики АТС для сохранения конкурентоспособности должны использовать новейшие типы преобразователей данных и FPGA.

Этому требованию отвечает анонсированный в начале этого года трансивер векторного сигнала (Vector Signal Transceiver, VST) второго поколения NI PXIe-5645R – измерительный модуль, содержащий генератор векторного сигнала, анализатор векторного сигнала, программируемую вентильную матрицу FPGA Virtex 6 компании Xilinx и синфазно-квадратурный интерфейс, конфигурируемый с дифференциальным или несимметричным выходом. Производительность интерфейса составляет 120 Мвыб./с 16-бит данных при ширине полосы 80 МГц, что позволяет проводить испытания прибора на радио- и модулирующей частотах с помощью одного высокопроизводительного прибора. Модуль построен на основе программно спроектированной архитектуры, которую инженер может модифицировать для выполнения конкретных задач с помощью программных средств LabVIEW. Заказчики испытательной системы могут задавать код вентильной матрицы, неизвестный их конкурентам.

\* \* \*

Согласно прогнозам корпорации Intel, совершенствование вычислительной техники в соответствии с законом Мура будет продолжаться еще 10 лет. Эта тенденция стимулирует не только разработку перспективных КМОП-микросхем и схем программируемых вентильных матриц, но и создание более дешевого, малогабаритного и производительного ВЧ тестового оборудования следующих поколений.

## ИСТОЧНИКИ

- Automated Test Outlook 2013. --download.ni.com/evaluation/labview/ekit/other/downloader/ato2013.pdf
- NI identifies trends in automated test. – www.edn.com/electronics-blogs/test-times/4407328/NI-identifies-trends-in-automated-test
- Software-centric ecosystems. – pcconsumerelectronics.blogspot.ru/2013/01/software-centric-ecosystems.html
- Five Test Predictions For 2013. – electronicdesign.com/test-amp-measurement/five-test-predictions-2013
- Information is the key to decision making in automated test. – www.epdtonthenet.net/article/56363/Information-is-the-key-to-decision-making-in-automated-test.aspx