



FORMULA® HF Ultra – новое российское средство измерений ультравысокочастотных СБИС

Наталья Елисеева, Дмитрий Шелевер, Антон Климовских, Олег Григорьев, Рашит Шарипов, Андрей Коваль, Роман Косилов, Влад Болгов, Алексей Кривенко, **Алексей Синопальников** (Москва)

Для выполнения программы импортозамещения в области СБИС требуются современные автоматизированные средства измерений, которые должны обладать не только передовыми техническими характеристиками, но и соответствовать государственным метрологическим стандартам. Новый универсальный российский Тестер СБИС FORMULA® HF Ultra создан для решения задач разработки, производства, входного контроля и испытаний широкой номенклатуры новейших микросхем.

Стратегия импортозамещения в области интегральных схем требует от электронной отрасли долгосрочных и масштабных инноваций. Ключевым фактором в общей организационно-технической перестройке микроэлектроники является создание отечественных автоматизированных средств измерений (СИ), соответствующих требованиям к комплексной проверке и испытаниям новой высокотехнологичной продукции: быстродействующих СБИС типа «система на кристалле» (СНК), цифровой логики, микросхем

статической и динамической памяти запоминающих устройств, а также СБИС АЦП и ЦАП.

Актуальность разработки отечественных СИ взамен зарубежных продиктована не только режимом санкций, который имеет преходящий характер, но прежде всего – требованием метрологического обеспечения единства измерений при проверке параметров и функций микросхем.

Основой метрологического обеспечения измерений и испытаний являются единые стандарты и реализую-

щие их утверждённые типовые СИ, которые должны быть полностью метрологически обеспечены при их разработке, производстве и эксплуатации.

Очевидно, что для обеспечения метрологического единства необходимо управление жизненным циклом СИ и государственный надзор со стороны Росстандарта, выполняемый, согласно закону, посредством:

- метрологической экспертизы конструкторской, программной, технологической и метрологической документации на СИ при утверждении типа СИ;
- метрологического надзора государства при эксплуатации утверждённого типа СИ.

Поскольку ни один зарубежный поставщик СИ не предоставляет на экспертизу Росстандарта указанные документы, метрологическая экспертиза и метрологический надзор при эксплуатации импортного оборудования реализуются с большими ограничениями, что создаёт существенные риски в системе метрологического единства измерений СБИС, а значит и в системе испытаний в целом.

Таким образом, создание собственных СИ для испытаний СБИС следует считать важнейшей задачей обеспечения национальной технологической безопасности.

Российское оборудование

Чтобы удовлетворить требованиям программ импортозамещения СБИС, предприятие ФОРМ (Москва) разработало и освоило выпуск нового отечественного типового средства измерений – ультравысокочастотного Тестера СБИС FORMULA® HF Ultra (см. рис. 1). Тестер предназначен для комплексного автоматизированного функционального и параметрического контроля микросхем. Прибор является флагманом в линейке российских высокочастотных Тестеров FORMULA® HF.

Тестер решает задачу импортозамещения современных зарубежных тестеров СБИС, применяемых для верифи-



Рис. 1. Внешний вид Тестера FORMULA® HF Ultra

кации и приёмочных испытаний микросхем, для выполнения отбраковочных, приёмо-сдаточных, периодических и сертификационных испытаний, а также для входного контроля микросхем (см. таблицу).

Основные технические характеристики Тестера определяются следующими величинами:

- количество универсальных двуправленных каналов – до 1024;
- частота – до 550/1200 МГц;
- память векторов/ошибок – до 128 М/128 М;
- блок аналоговых измерений – 1200 МПс/24 бит.

Уровень и состав функциональных, параметрических и метрологических характеристик Тестера, установленный при его разработке, был определен, исходя из номенклатуры и характеристик микросхем, составляющих основу государственной программы импортозамещения (см. таблицу), а также с учётом обеспечения конкурентоспособности с современным зарубежным оборудованием аналогичного назначения.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ И ИННОВАЦИИ

Тестер FORMULA® HF Ultra имеет модульно-магистральную архитектуру, реализующую принцип заказного конфигурирования оборудования с выбором основных и дополнительных устройств, соответствующих кругу решаемых измерительных и испытательных задач. Тестер открывает возможности для комплексной проверки широкой номенклатуры СБИС (включая СнК) благодаря следующим инновациям (см. рис. 2):

1. Тестер объединяет в своём составе две подсистемы функционального

Направления государственной программы импортозамещения в области СБИС

СБИС	Описание
Цифровые СБИС	ASIC, ПЛИС, стандартная жёсткая логика
Микропроцессоры и микроконтроллеры	Универсальные и сигнальные, одноядерные и многоядерные. Процессорные IP-ядра в составе СнК
Микросхемы смешанного сигнала, аналоговые ИМС	АЦП и ЦАП. IP-ядра АЦП, ЦАП, аналоговых компонентов в составе СнК.
Статические и динамические ЗУ	SRAM, FLASH, DRAM, DDR, DDR2/3, ROM, PROM и др. IP-ядра ЗУ в составе СнК
«Системы на кристалле», «системы в корпусе»	СБИС микропроцессоров и микроконтроллеров, ПЛИС и ASICs, включающие процессорные ядра, блоки памяти, ИС программируемой логики, периферийных устройств, аналоговые компоненты, АЦП и ЦАП.

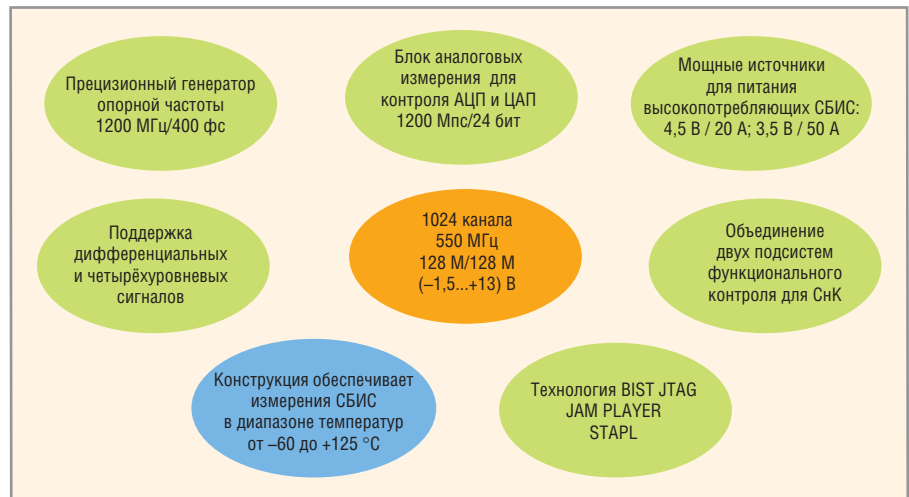


Рис. 2. Универсальные и инновационные особенности Тестера FORMULA® HF Ultra

контроля на 1024 канала с частотой до 550 МГц на канал с обеспечением четырёхуровневых сигналов, в том числе дифференциальных в диапазоне напряжений –1,5...+13 В независимо по каждому каналу:

- генератор тестовой последовательности (ГТП) для тестирования СБИС произвольной логики;
- алгоритмический генератор тестов (АГТ) для контроля быстродействующих ЗУ: FLASH, DRAM, DDR, DDR2/3, SRAM, ROM, PROM и иной регулярной логики.

Характеристики подсистем функционального контроля Тестера позволяют успешно применять его при тестировании сверхинтегрированных ультравысокочастотных СБИС с числом выводов до 1600...1700, например, ASICs и ПЛИС.

Специальный режим одновременного использования ГТП и АГТ предназначен для тестирования СБИС с архитектурой СнК, таких как микроконтроллеры и микропроцессоры, методами функционального и алгоритмического контроля в едином цикле измерений.

Наши клиенты:

Автоматизированные средства измерений ЭРИ

для входного контроля и испытаний:

- микросхем
- полупроводниковых приборов
- электромагнитных реле
- пассивных компонентов
- узлов РЭА

ТЕСТЕРЫ
FORMULA

www.form.ru +7495 269-7590 info@form.ru

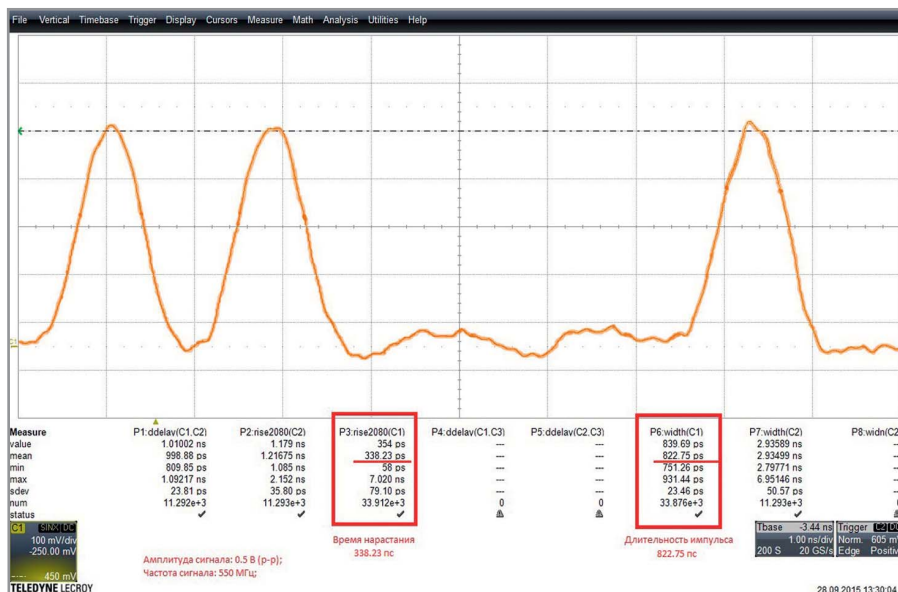


Рис. 3. Характеристики сигналов универсальных каналов Тестера FORMULA® HF Ultra на частоте функционального контроля 550 МГц

2. Метрологически аттестованные характеристики сигналов универсальных каналов Тестера определяют высокое качество измерений ультравысокочастотных СБИС и полностью соответствуют ультравысокой частоте функционального контроля 550 МГц (см. рис. 3):

- минимальная длительность фронта и среза импульса составляет 275 ± 150 пс;
- минимальная длительность импульса – 750 ± 150 пс.

Для сохранения формы импульса и требований подключения к проверяемой микросхеме предусмотрена программируемая независимо по каждому каналу компенсация искажений сигнала в тракте приёма/передачи, а также программируемое формирование крутизны фронта/среза сигнала в диапазоне от 100 до 25% (программируется и выполняется так же поканально-независимо).

3. Канальная электроника Тестера воспроизводит *четырёхуровневые сигналы*, в том числе *дифференциальные* в широком диапазоне напряжений от -1,5 до +13 В, независимо по каждому каналу. Это позволяет контролировать микросхемы с 4-уровневым кодированием данных, например, СБИС обработки видеосигнала.

4. Тестер обладает высокоточной подсистемой измерений электрических статических параметров СБИС, которая включает:

- измерительные источники питания VCC – 32 шт., 0...+6 В; ±250 мкА...±4 А;

- измерительные источники питания VDD – 32 шт., -2...+15 В; ±200 нА...±400 мА;
- многоканальные измерители PMU – 32 шт., -2...+13 В; ±200 нА...±150 мА;
- поканальные измерители PPMU – 1024 шт., -2...+13 В; ±2 мкА...±50 мА;
- измерительные источники HVDD – 8 шт., -17...+17 В; -500...+500 мА.

Применение поканальных измерителей PPMU позволяет обеспечить режим «мультисайт» для параллельного высокопроизводительного контроля микросхем на пластинах и в корпусе. Источники HVDD могут быть использованы для программирования FLASH и ПЗУ, а также для контроля аналоговых микросхем, таких как операционные усилители и компараторы.

5. Тестер имеет специальные дополнительные ресурсы для питания высокопотребляющих СБИС:

- мощные источники питания LVDD – 2шт., 4,5 В; 20 А;
- сверхмощный источник питания SPS – 1 шт., 3,5 В; 50 А / 100 А.

Источники LVDD и SPS предназначены для питания многоядерных микропроцессоров, ПЛИС и иных микросхем с высоким током потребления.

6. Прецизионная подсистема измерений динамических параметров СБИС обеспечивает измерение времени задержки распространения сигнала, длительности импульса, фронта и среза, а также других временных характеристик СБИС с точностью, определяемой на основе следующих погрешностей:

- формирование входных перепадов импульса (IЕРА) ±150 пс;
- контроль выходных перепадов импульса (OЕРА) ±250 пс;
- общая системная временная погрешность (OТА) ±250 пс.

Дискретность установки меток времени составляет 11 пс.

Подсистема реализована на универсальных измерительных каналах Тестера.

7. Технология BIST. Учитывая потребность разработчиков в проведении внутрисхемного контроля СБИС на этапе исследования опытных образцов, в Тестере реализована возможность использования технологии BIST. Для этого используется встроенный в Тестер порт JTAG, который обеспечивает выполнение всех стандартных функций, включая заливку конфигурационных файлов в ПЛИС. Дополнительно имеется встроенный JAM PLAYER с поддержкой языка STAPL.

8. Блок аналоговых измерений ARP. Для измерений микросхем смешанного сигнала (ЦАП и АЦП) Тестер оснащён прецизионным аналогово-цифровым блоком (1200 МГц / 1200 Мпс / (-10...+10) В), который обеспечивает измерение динамических и статических параметров преобразования быстродействующих микросхем АЦП до 14 разрядов при формировании на их входах периодических сигналов с частотой до 260 МГц, а также измерение статических параметров преобразования микросхем низкочастотных ЦАП и АЦП до 16 разрядов.

Блок ARP включает следующие функциональные устройства (см. рис. 4):

- прецизионный двухканальный генератор тактовых импульсов до 1200 МГц;
- генератор сигналов произвольной формы с высокочастотным и низкочастотным трактами и частотой преобразования до 1200 Мпс;
- два прецизионных 20/24-разрядных источника опорного напряжения с диапазоном напряжения -10...+10 В.

Для обеспечения низких уровней перекрёстных помех все устройства ARP гальванически изолированы. Объединение всех «земель» осуществляется в точке объединения аналоговых и цифровых «земель» контролируемого объекта (АЦП или ЦАП) в соответствии с техническими требованиями на их применение. Для

питания применены отдельные малошумящие экранированные линейные источники питания.

Испытания СБИС НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Конструкция, аппаратное и программное обеспечение Тестера создают хорошие условия для испытаний микросхем, в том числе для испытаний, совмещённых с измерениями, например, с использованием установок «Термострим» и проходных камер. Обеспечены измерения под воздействием температур непосредственно на плате прижимного устройства без применения кабелей и потери качества сигналов.

Одной из приоритетных задач при проектировании конструкции Тестера являлась разработка способов передачи сигналов Тестера на испытуемую СБИС и обратно с минимальными потерями и искажениями сигналов. Специально для многоканального Тестера FORMULA®HF Ultra разработана оригинальная система контактирования нового поколения, предназначенная для измерений как в нормальных условиях, так и в диапазоне температур $-60...+125^{\circ}\text{C}$. Обеспечены надёжность, удобство и быстрота установки, фиксации и смены измерительной оснастки, которые достигаются благодаря применению прецизионного прижимного устройства (см. рис. 5), специальных рамок для крупногабаритной оснастки и «вечных» контактов (POGO-PIN), гарантирующих не менее миллиона присоединений оснастки.

Тестер оснащён средствами для интеграции с внешним оборудованием отечественного и иностранного производства, в том числе с зондовыми установками, испытательным оборудованием, внешними приборами. Манипулятор поворота измерительного блока имеет электропривод с электронным управлением, обеспечивая отличную эргономику рабочего места во всех режимах его эксплуатации.

Программный комплекс Тестера

Программный комплекс Тестера – это русскоязычная среда FormHF с единым графическим интерфейсом (GUI), предназначенная для реализации всех этапов измерительного процесса: от разработки и отладки про-

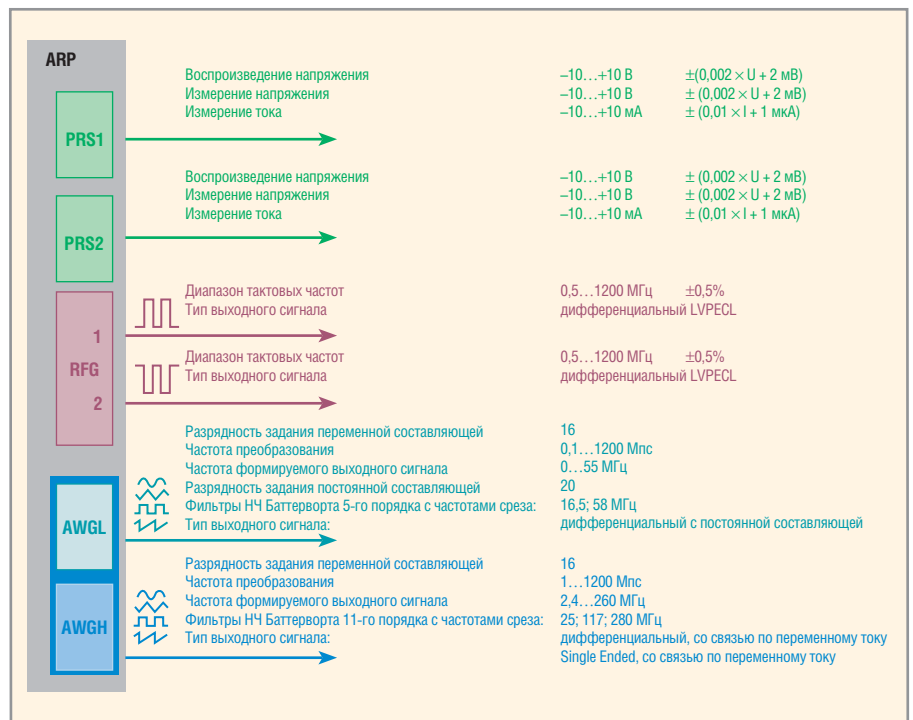


Рис. 4. Функциональные устройства блока ARP



Рис. 5. Прецизионное прижимное устройство измерительного блока

грамм контроля до выполнения измерений, документирования результатов и их последующего анализа. Среда FormHF обеспечивает выполнение и прослеживаемость совокупности этих процессов путём формирования записей, разграничения прав доступа персонала к оборудованию и базам данных.

На рисунке 6 представлены «5 шагов»: от разработки и отладки программ контроля до выполнения измерений, документирования результатов и их последующего анализа в среде программного обеспечения Тестера.

По существу, программный комплекс FormHF является системой автоматизи-

зации трудоёмкого процесса разработки и отладки измерительных программ (программ контроля) и адаптирован к применению техническими специалистами широкого профиля без использования языков программирования. Поддерживаются все типовые методы контроля, а также средства трансляции тестов из стандартных форматов VCD, WGL, SVF и Intel HEX.

Для анализа функциональных и параметрических отклонений, выявленных при измерениях и при отладке программ контроля, применяются встроенные средства: многоканальный аппаратный «Логический анализатор», «Осциллограф», «Карта оши-

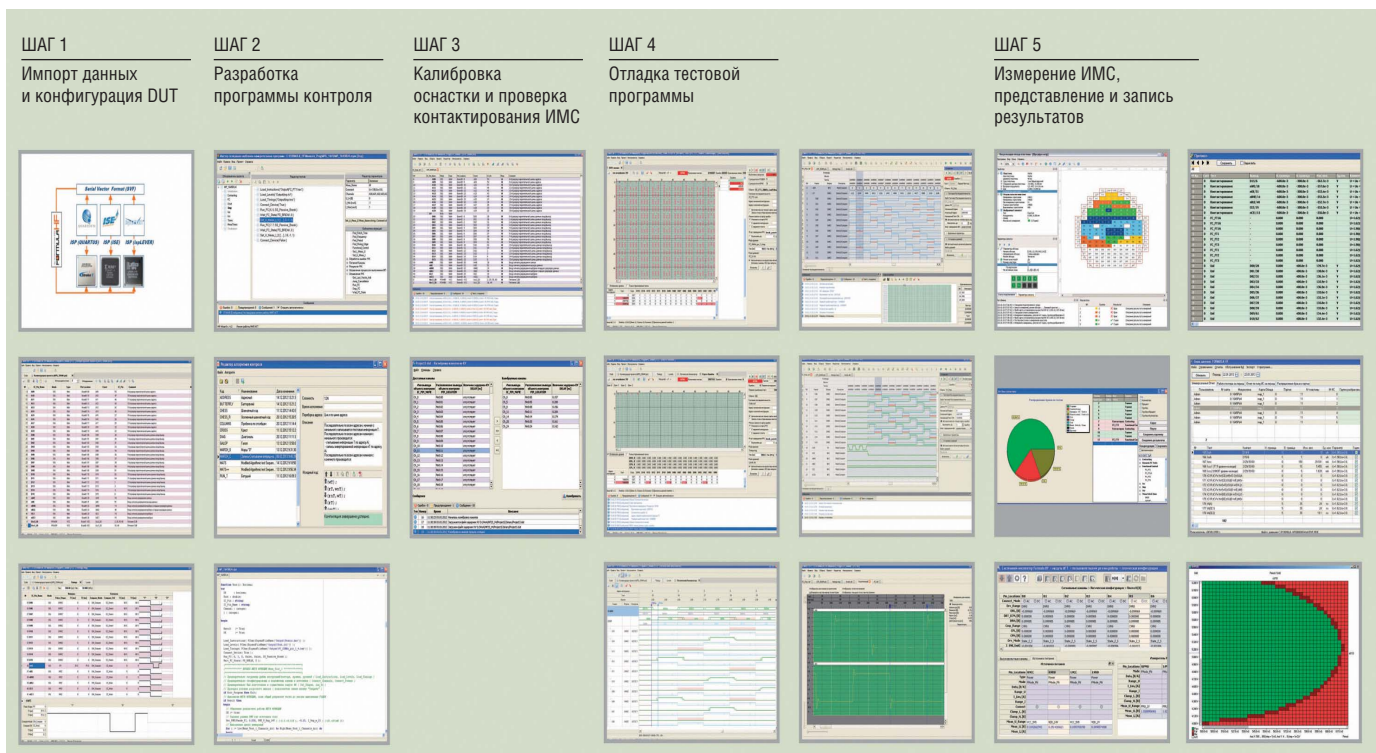


Рис. 6. Программный комплекс Тестера FORMULA® HF Ultra

бок» ёмкостью 128М, которые особенно удобны при верификации новых проектов СБИС.

Для исследования диапазонов работоспособности и технологической устойчивости СБИС служат инструменты: SHMOO-диаграмма и DRV-анализ.

Программная среда Тестера, будучи самодостаточной, тем не менее не ограничивает разработчика использованием только собственных средств ПО FormHF, но позволяет ему применить при желании и внешние среды разработки (IDE) с поддержкой языков C++/Pascal. Такой подход открывает, при необходимости, возможность ручного изменения автоматически сгенерированного программного кода в тех случаях, когда требуется создание и использование нестандартных методов измерений либо адаптация стандартных методов.

В целом программный комплекс FormHF превращает разработку измерительной программы в своего рода сборку деталей конструктора, сокращая время разработки и отладки тестов до нескольких дней.

Интеллектуальный инструментальный программный комплекс автоматизирует и предельно сокращает не только все этапы измерительного процесса, но и сервисное обслуживание Тестера, включая его диагностику, настройку, метрологическую калибровку и поверку.

Качество Тестера

Качество Тестера FORMULA® HF Ultra определяется следующими важнейшими критериями, выполнение которых обеспечивает разработчик и изготовитель Тестера – предприятие ФОРМ:

- соответствие метрологическому законодательству РФ – характеристики Тестера FORMULA® HF Ultra метрологически обеспечены при производстве и эксплуатации, подтверждены государственными испытаниями на утверждение типа средств измерений. Калибровка и поверка Тестера проводятся в отношении всех заявленных в описании типа СИ параметров оборудования и выполняются согласно методике поверки, утверждённой уполномоченным органом Росстандарта. Метрологические процедуры выполняются в собственной аккредитованной калибровочной лаборатории предприятия-изготовителя;
- современная технология проектирования и производства Тестера соответствует регламентам системы менеджмента качества СМК по ГОСТ Р ISO9001-2011. Бизнес-процессы разработки, производства, поставки и обслуживания Тестеров FORMULA® HF Ultra, а также обучения и поддержки потребителей регламентированы и выполняются подразделениями предприятия ФОРМ

с соблюдением указанных требований, что подтверждается результатами ежегодного инспекционного контроля СМК;

- наличие полного комплекта КД на Тестер с литерой «О1» обеспечивает поддержку всех этапов жизненного цикла Тестера.

Качество Тестера FORMULA® HF Ultra подтверждено результатами испытаний:

- на утверждение типа средств измерений с включением в ГосРеестр СИ;
- на электробезопасность и электромагнитную совместимость;
- на климатические воздействия и на транспортную тряску;
- валидацией функциональных и параметрических характеристик Тестера при измерении на нём микросхем ЗУ1645РУ4 (режим «Мультисайт») и ПЛИС Altera STRATIX4;
- многолетним опытом производства, применения и сопровождения в эксплуатации высокочастотных Тестеров-предшественников на платформе FORMULA® HF.

Таким образом, Тестер СБИС FORMULA® HF Ultra в полной мере учитывает современные потребности электронной промышленности и ВПК России, обеспечивает требования метрологического законодательства РФ и нормативной документации в области измерений и испытаний в микроэлектронике.

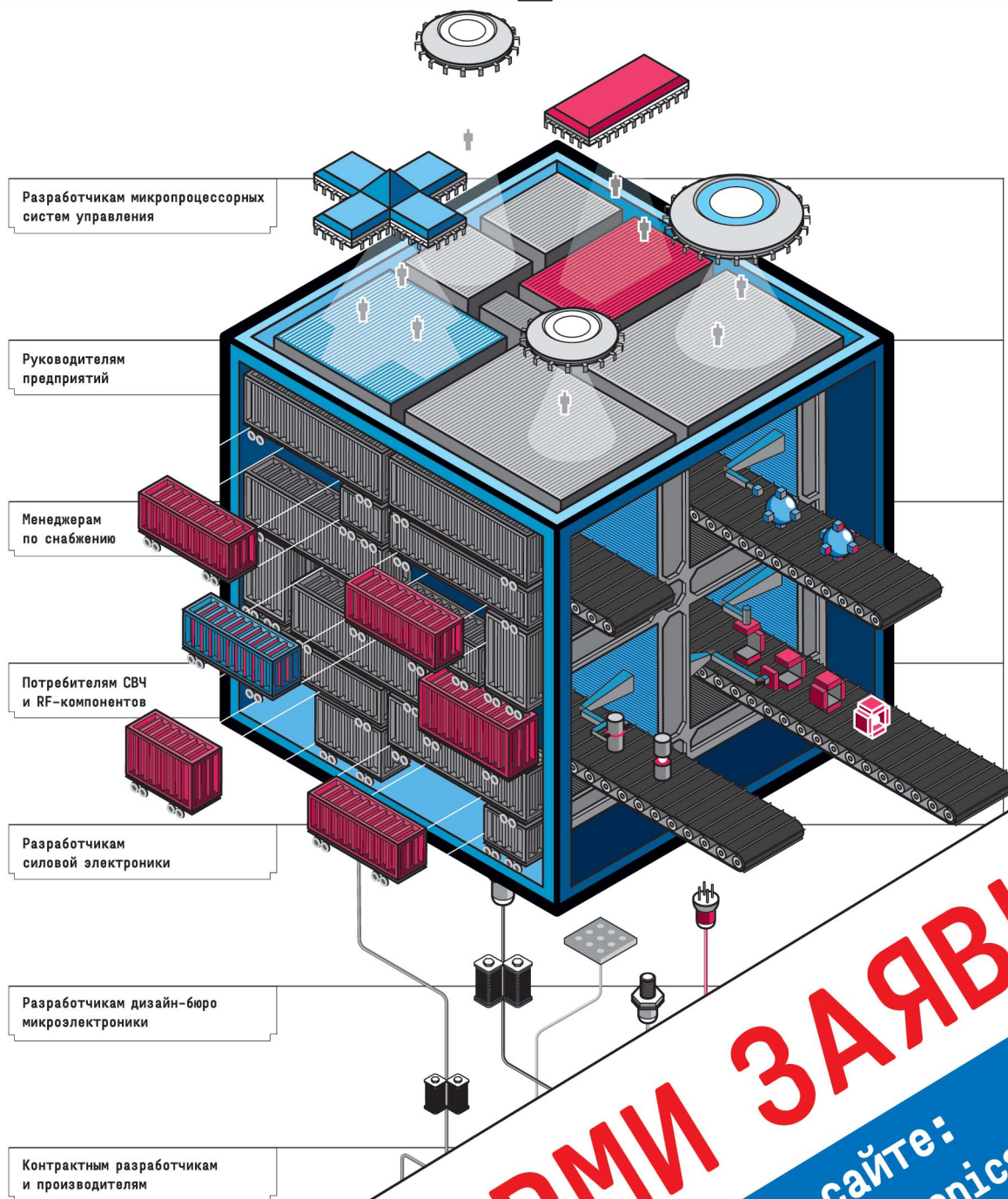


НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

13-15 АПРЕЛЯ 2016

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей



ОФОРМИ ЗАЯВКУ
На сайте:
www.new-electronics.info