

# Scorpion Technologies

## открывает новые возможности во внутрисхемном тестировании

**Все знают о преимуществах внутрисхемного тестирования, но не все могут его использовать в силу известных ограничений и недостаточной оперативности, возникающих при переходе производства от одного изделия к другому. Решения, которые предлагает технология Scorpion Technologies с «летающими зондами», снимает эти ограничения.**

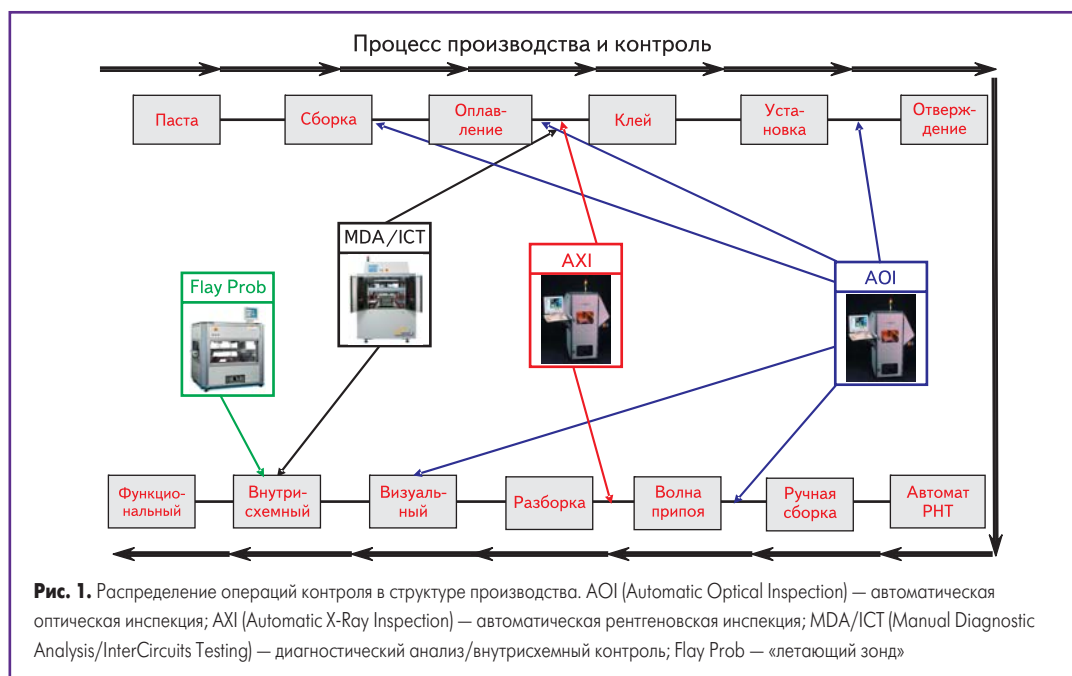
**Аркадий Медведев**

medvedev@elserv.ru

Своевременное выявление дефектов и устранение их причин на ранних стадиях производства — основополагающее звено, реализующее обратную связь в системе управления качеством. Как бы хорошо не был отлажен процесс производства, именно тестирование предоставляет сведения о качестве отладки. И чем достовернее информация о состоянии продукта, тем более устойчива система управления качеством. Среди разнообразных методов контроля внутрисхемное тестирование дает наиболее точные данные о качестве объекта контроля на конечной стадии.

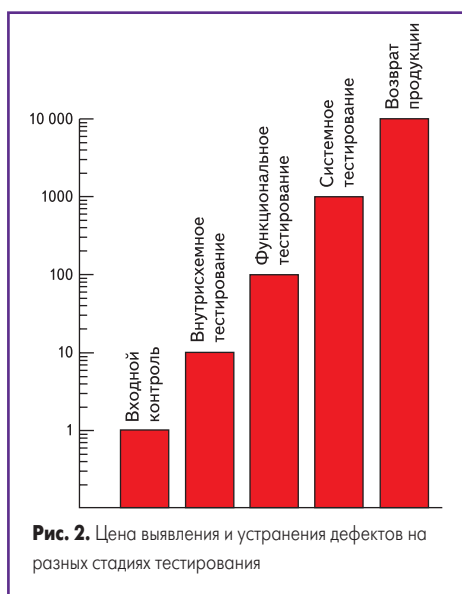
В сборочно-монтажном производстве есть множество факторов, влияющих на качество продукции. Это не позволяет ограничиться каким-либо одним средством тестирования, которое давало бы исчерпывающую информацию о состоянии производства.

Сложившаяся практика использования комбинаций разнородных тестирующих систем — дань именно этой многофакторности. Сегодня существуют различные комбинации электрических и оптических систем, тестирующих изделия по различным признакам качества. На рис. 1 можно видеть наиболее целесообразное распределение видов контроля в структуре производства. Внутрисхемное тестирование на завершающей стадии выносит окончательный вердикт соответствию электронного модуля схемотехническому проекту. Функциональное тестирование обычно выходит за рамки производства. Как правило, его проводят в сочетании с внешними воздействующими факторами. Изделия подключают к стендам функционального тестирования через штатные разъемные соединители. Результаты такого тестирования позволяют принимать окончательное



решение о годности изделия, но диагностировать состояние всех компонентов на плате, оценивать качество межсоединений способен только внутрисхемный контроль. Поэтому в системе обеспечения качества и надежности электронных продуктов ему уделяется перво-степенное внимание.

Целесообразность внутрисхемного тестирования определяется еще и тем, что обнаруженные на ранней стадии ошибки снижают затраты на последующие выявления и устранения дефектов. И чем дальше отодвигается выявление дефектов, тем дороже они обходятся (рис. 2). Если иметь в виду, что предшествующий входной контроль компонентов — дорогостоящее занятие, сопряженное с высокой стоимостью разнообразного тестового оборудования, то внутрисхемное тестирование, при котором тестируются и компоненты, становится главным средством снижения цены ошибок.



Особенно эффективно внутрисхемное тестирование для диагностики состояния цифровой электроники, где работа слабых звеньев компенсируется в последующих звеньях обработки информации. При определенных условиях не выявленные в ходе функционального тестирования ослабленные звенья могут неожиданно прийти в состояние отказа, а своевременно обнаружить такие участки способно только внутрисхемное тестирование.

Еще на стадии проектирования электронного модуля необходимо создать условия для традиционного внутрисхемного тестирования. Причем для обязательной проверки выбираются «ответственные» компоненты схемы, контрольные точки для подсоединения зондов, а также входные и прогнозируемые выходные сигналы — все это делается для достоверной оценки качества электронного модуля. Если при проектировании выработана правильная программа тестирования, системы внутрисхемного контроля дают наиболее точные результаты. Тогда они позволяют обнаруживать дефектные компоненты, измерять индуктивность и емкость в схеме, находить короткие замыкания и обрывы, проверять полярность диодов, транзисторов, электролитических конденсаторов и т. д.

Обеспечение контролепригодности при внутрисхемном тестировании связано с введением дополнительных, не используемых в штатном режиме работы схемы контактных площадок, уменьшающих полезную плотность монтажа на 4–10%.

Международный комитет по проблемам контролепригодности (SMA Testability Committee) разработал рекомендации, выполнение которых позволяет обеспечить надежный контакт с зондами, увеличение сроков эксплуатации тестовых адаптеров, точную локализацию дефектов — то есть обеспечить эффективность применения современного автоматизированного тестового оборудования.

Еще одно ограничение для тестового покрытия — недостаточное количество контактирующих зондов в адаптерах и компонентов коммутатора. Кроме того, для СВЧ-модулей вообще нельзя сделать ответвлений к контрольным точкам, а тем более проверить модуль в рабочих режимах.

Контроль с помощью адаптеров (набора контактов) увеличивает эффективность тестирования, балансируя ее под ритм работы сборочно-монтажных линий. Недостаток данного метода — в необходимости изготовления для каждой платы индивидуального адаптера, оснащенного набором контактов с заданным позиционированием. К тому же модули с высокой плотностью компоновки не могут быть протестированы из-за потребности в контактировании с малым шагом. Обычный шаг контактирования — 2,54 мм. Адаптеры с меньшим шагом контактирования — 1,25 мм и менее — чересчур дороги или вообще не реализуемы.

Как правило, системы внутрисхемного контроля и системы анализа производственных дефектов используют BON-оснастку (адаптеры — матрица контактов типа «ложе гвоздей») для контакта с каждым из элементов схемы на плате. Матричное реле перебирает необходимые комбинации подсоединений и опроса для тестирования каждого компонента или соединения в схеме. Высокоскоростные BON-тестеры могут быть выровнены по производительности с крупносерийными производственными линиями. Возникающие ограничения определяются только физическим размером тестируемой платы и количеством точек подсоединения, нужных для тестирования. Тем не менее для каждого типа платы требуется свой адаптер. Сегодня существует множество плат, которые нельзя проверить BON-тестерами из-за того, что контакты пробников либо ненадежно соединяются с тестовыми точками, либо вообще не достают до точек тестирования, если на плате присутствуют высокие компоненты.

Длительная разработка и изготовление адаптеров входят в противоречие с оперативным оснащением ими тестовых систем. Если изготовить адаптер слишком рано, есть риск, что возникшие изменения в конструкции плат могут сделать оснастку бесполезной до того, как она будет использована. Если изготовить слишком поздно, она может не пригодиться.

Новое поколение тестеров с «летающими зондами» полностью исключает затраты на BON-

оснастку. На основании САД-данных можно сформировать и отладить программу в течение нескольких часов, затем плата будет доступна для тестирования. Это несравнимо с несколькими неделями изготовления BON-оснастки.

Стоимость систем внутрисхемного контроля оценивают стоимостью тестера (в среднем около \$200 тыс.) и суммой стоимостей контактных устройств (адаптеров) для каждого типа модулей (более \$25 тыс.). К сожалению, унифицированных адаптеров, которые с небольшими переделками подходили бы под любой модуль, не существует. И нет идей по реализации таких адаптеров.

Теперь, когда мы разобрали существо традиционных систем внутрисхемного тестирования и обосновали необходимость их использования, определимся в вопросах: что ограничивает распространение систем внутрисхемного тестирования? Как устранить эти ограничения? И что нового нам предлагают технологии тестирования Scorpion Technologies, предназначенные для устранения этих ограничений?

Но сначала обозначим существо технологии тестирования Scorpion Technologies.

Главный отличительный признак тестеров Scorpion Technologies — использование необычных «летающих зондов» (Flay Probes, рис. 3). Их необычность состоит в том, что они собраны в модули из нескольких зондов, каждый из которых «обстреливает» под собой площадь 50×50 мм (рис. 4). Модули дискретно



Рис. 3. Телескопический подвижный зонд

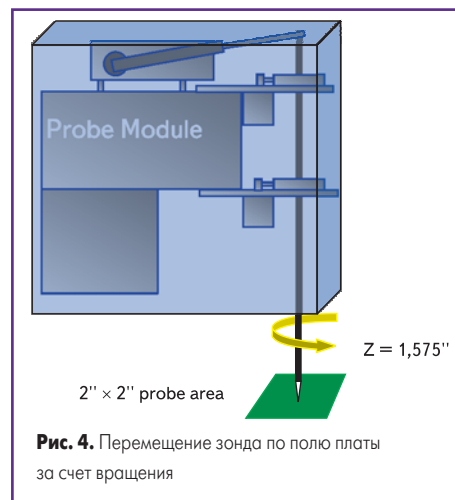
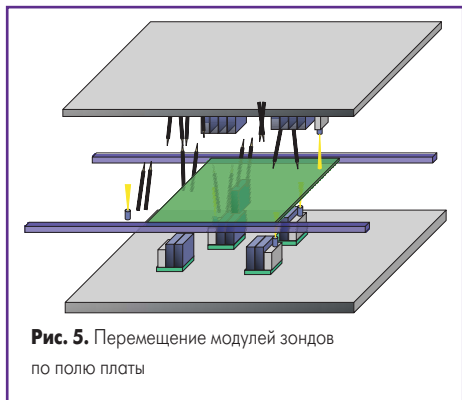


Рис. 4. Перемещение зонда по полю платы за счет вращения



**Рис. 5.** Перемещение модулей зондов по полю платы

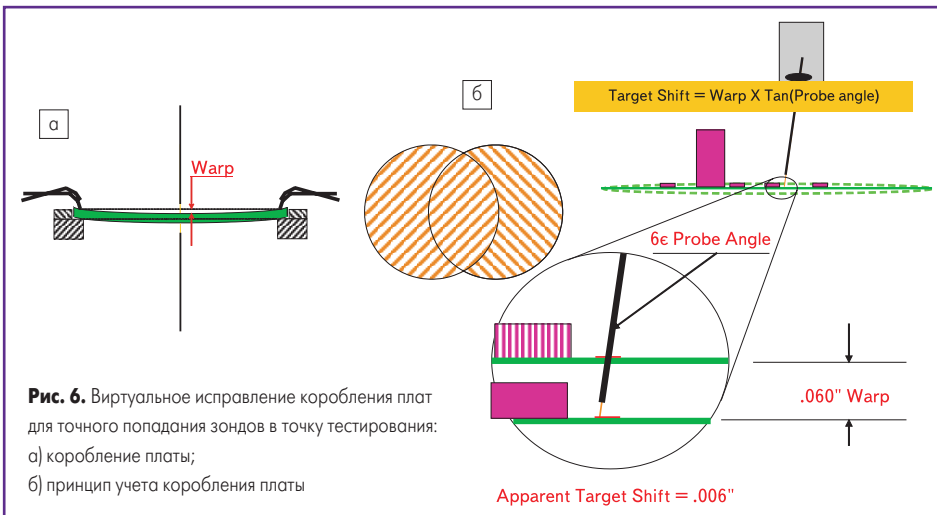
**Таблица 1.** Ошибки позиционирования зондов из-за коробления плат

Угол контактирования, °	Прогиб платы, мм	
	1 мм	2 мм
0	0,000	0,000
3	0,052	0,104
6	0,105	0,210
12	0,212	0,425

перемещаются по полю тестирования, обеспечивая поочередное зондирование всей поверхности (рис. 5). Каждый из зондов представляет собой телескопическую систему, за счет которой зонды при перемещении по плате поднимаются, чтобы обойти высокие компоненты. Индивидуальный для каждого зонда привод позволяет ему совершать круговые движения и с большой точностью опуститься на точку зондирования. Таким образом, «летающие зонды» осуществляют заданные программой трехмерные перемещения. Для увеличения площади «обстрела» зонды имеют возможность программно менять угол от вертикали до 6–12°. Отклонение от вертикали вынуждает учитывать коробление или прогиб платы. Если бы это не учитывалось, ошибки позиционирования превышали бы разумные пределы (табл. 1). Чтобы этого

**Таблица 2.** CAD-данные, поддерживаемые Xmatic

CAD-данные	Расширения
Accel	*.PCB
Cadence	*.VAL or *.CAD
Cadex/BLS	*.DF
CADStar (Windows)	*.PAF
DAL-X	*.TXT
EDIF	*.EDF
FABMaster (FAR)	*.FAR
GenCAD	*.CAD, *.GEN
GenCAM	*.GCM
IPC-D-356	**
Mentor	.NEU, .WIR, .GEO
OrCAD	*.MIN
PADS	*.PAD, *.ASC
P-CAD	*.PDE, *.PDF
Protel (V3.x)	*.PCB
Supermax E-CAD (DDE)	*.TXT
TopCAD	*.TXF
UniCAM	*.PDW
Veribest	*.TTX
VUTRAX	*.ENG, *.art
Zuken CR 3000	*.UDF
Zuken-Redac (VISUAL)	*.PAF



**Рис. 6.** Виртуальное исправление коробления плат для точного попадания зондов в точку тестирования:  
а) коробление платы;  
б) принцип учета коробления платы

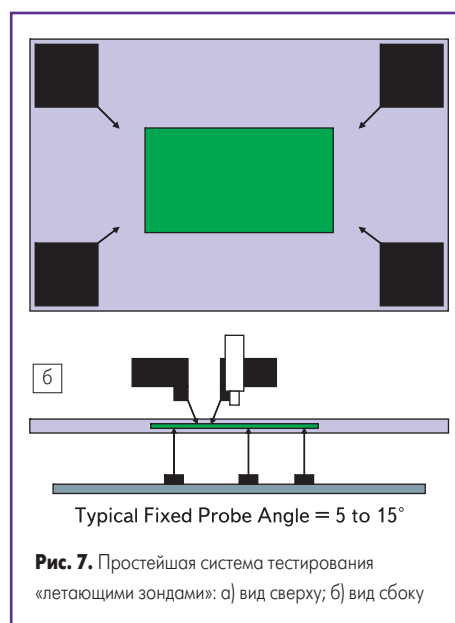
не происходило, программным способом осуществляют виртуальное исправление коробления, то есть корректировку позиционирования контакта зонда с учетом коробления платы (рис. 6).

Технология Scorpion Technologies содержит собственное программное обеспечение Xmatic, которое позволяет с помощью проекта электронного модуля создать программу тестирования. Собственно, только это и нужно, чтобы переходить от одного изделия к другому. При этом нет необходимости каждый раз проектировать и изготавливать дорогостоящие адаптеры под каждый электронный модуль. Программа Xmatic адаптирована ко многим используемым программам проектирования, показанным в таблице 2.

В простых (экономичных) системах используются четыре модуля зондов, фиксированно размещенных по углам поля тестирования, откуда телескопические зонды поочередно контактируют с точками тестирования (рис. 7). Очевидно, что поле тестирования в этом

**Таблица 3.** CAD-данные, не поддерживаемые Xmatic

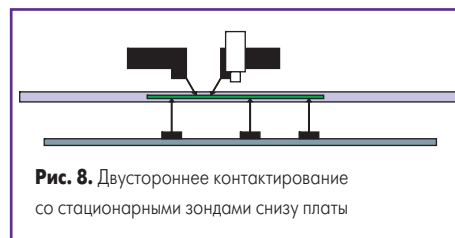
CAD package	Common ext.
Cadnetix	*.CDX
Calay	*.PCB
CV	*.TL, *.ATE
DDE_ECADC	*.IPL
Dedale	*.DAT, *.ROU
Dif	*.DIF
Docica	*.doc
Edif400	*.EDF
FatF	FatF.asc
HP	*.DF
Hplink	*.HPL
IBM_v4	*.DF
IBM_v5	*.ARC
Intergraph	*.EIF
Odb	CAD, IAY, EDA, IES
Prisma	*.cxf
Scicards	*.SCI, *.rea
Ticas	
Topcas	*.TXF
Ulti_brd	*.DDF
Upip	
Vanguard	*.lib, *.DRW
Vcad	*.VCA
Viscadif	*.CDF or *.PAF



**Рис. 7.** Простейшая система тестирования «летающими зондами»: а) вид сверху; б) вид сбоку

варианте ограничено углом вылета зондов из фиксированно размещенных модулей. Чтобы снять такие ограничения, модули зондов делают подвижными. Тогда они дискретно перемещаются по полю тестирования, поочередно обслуживая все поле плат.

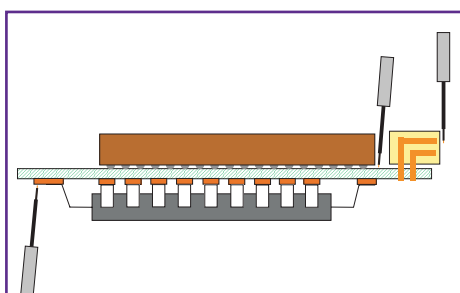
Многие тесты требуют одновременного доступа к обеим сторонам платы. В ряде случаев прибегают к помощи ручной установки стационарных зондов на нижнюю поверхность для каждого вида плат (рис. 8). Но это целесообразно только для больших объемов заказов, когда стоимость нижнего стационарного поля зондов «растворяется» в большом количестве протестированных модулей. При уменьшении объемов и номенклатуры заказов наступает момент, когда использование стационарных зондов на нижней стороне становится не рентабельным. Процесс установки стационарных зондов на нижнюю сторону требует больших



**Рис. 8.** Двустороннее контактирование со стационарными зондами снизу платы



**Рис. 9.** Тестирование соединений между разъемом и микросхемой



**Рис. 10.** Тестер с двусторонним контактированием «летающими зондами»

зон, точного позиционирования платы относительно расположения поля стационарных зондов и может быть утомительным и отнимать много времени. По окончании теста плата должна быть перевернута, сделаны другие настройки, загружена новая тестовая программа, и процесс повторяется для другой стороны. В итоге это создает большие неудобства и потери производительности. Такие манипуляции не позволяют встроить тестер в линию.

Технологии Scorpion Technologies не требуют специально выделенных на плате точек тестирования, им достаточно открытых поверхностей выводов, чтобы обеспечить контактирование, надежное для тестирования (рис. 9).

Использование системы «летающих зондов» с двусторонним контактированием (рис. 10) обусловлено многими причинами. Во-первых, оно обеспечивает высокую производительность, что позволяет встраивать тестер с «летающими зондами» в сборочно-монтажную линию. Не приходится переворачивать плату для тестирования второй стороны. Произво-



**Рис. 11.** Общий вид тестера Scorpion Technologies с «летающими зондами»

**Таблица 4.** Преимущества систем тестирования с «летающими зондами»

Традиционное внутрисхемное тестирование с индивидуальными адаптерами	Технология Scorpion Technologies с «летающими зондами»
Необходимо обеспечить контролепригодность на стадии проектирования электронных модулей	Нет такой необходимости. Программа тестирования создается из CAD-данных с помощью Xmatic-программы
Необходимо выделять дополнительные точки тестирования, что уменьшает полезную для использования площадь платы	Нет необходимости в дополнительных точках тестирования. Контактное тестирование ведется непосредственно на выводы компонентов
Ограничено количество контактов в адаптерах, ограничено поле тестирования	Нет таких ограничений. Подвижные зонды оббегают любое количество точек тестирования на больших форматах плат.
Максимальный формат тестируемых плат 320×233 мм	Максимальный формат тестируемых плат 650×1050 мм, что позволяет тестировать групповые заготовки (мультиплаты)
Отсутствие возможности контактирования с малым шагом. Минимальный шаг контактирования — 2,54 мм	Минимальный шаг контактирования 0,3 мм
Необходимость изготовления дорогостоящих индивидуальных адаптеров и программы тестирования для каждого модуля	Нет необходимости в изготовлении адаптеров. Смена заданий связана только с генерацией программы тестирования для конкретной платы, что занимает не более двух часов.
Высокая стоимость систем внутрисхемного тестирования за счет дорогостоящих адаптеров: тестер (более 200 тыс. евро) + адаптеры (порядка 25 тыс. евро)	Высокая окупаемость систем тестирования SCORPION Technologies за счет отсутствия необходимости проектирования и изготовления дорогостоящих адаптеров
Ограниченное поле покрытия плат тестированием	Максимально возможное покрытие плат тестированием.

дительность таких тестеров увеличивается больше чем вдвое. Во-вторых, в современных конструкциях плат имеется достаточно много цепей, начинающихся на одной стороне платы и заканчивающихся на другой. Их можно проверить только при двустороннем контактировании. В-третьих, это необходимо для тестирования плат с двусторонним монтажом.

В-четвертых, увеличенное за счет двустороннего контактирования количество зондов позволяет увеличить покрытие плат тестированием.

Подведем итоги в оценке преимуществ систем тестирования (табл. 4) с «летающими зондами», предлагаемых технологией Scorpion Technologies (рис. 11).