

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ВНУТРИСХЕМНОГО КОНТРОЛЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Обеспечение высокого качества выпускаемой продукции является важнейшей задачей производства. Решение складывается из многих составляющих. Профессионализм технологов как раз и оценивается способностью обеспечить гарантированную повторяемость и высокое качество сборки печатных узлов.

Большинство критериев качества, которыми оперирует технолог, связано с внешним видом изделия. Это важные, но все же косвенные критерии, которые оцениваются оптическими или визуальными средствами контроля. Внутреннюю структуру печатного узла (ПУ), состояние которой определяет его функциональную пригодность, такими средствами оценить невозможно.

Это состояние характеризуется электрическими параметрами, которые зависят от следующих факторов:

- качества печатной платы (ПП) и устанавливаемых компонентов;
- соблюдения технологических процессов сборки ПУ;
- наличия скрытых дефектов в ПУ и компонентах, возникших при сборке (короткие замыкания, разрывы, дефекты паяных соединений).

ВНУТРИСХЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ – ЭТО ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПУ

Современные компоненты, поступающие на сборку ПУ, миниатюрны и герметично упакованы. Стопроцентный входной контроль таких компонентов практически невозможен в условиях сборочного производства, да и экономически не целесообразен, так как существует вероятность повреждения компонентов при контакте с ними как до стадии монтажа, так и при нарушении режима пайки (оплавления) в процессе сборки. Основным этапом проверки внутреннего состояния

ПУ для большинства производителей является участок функционального контроля, на котором пытаются найти и локализовать все возможные дефекты изделия. Но "за кадром" остаются следующие моменты.

Подача рабочего напряжения на модуль, внутреннее состояние которого не определено, это так называемая проверка "на дым" или игра в рулетку. Шанс внести вторичную неисправность от наличия, например, скрытого короткого замыкания какой-либо цепи на шину питания достаточно велик. При массовом производстве изделия с подобными дефектами, если они не локализуются сразу, утилизируют, так как стоимость процесса поиска и локализации дефекта дороже самого изделия.

При мелкосерийном производстве и дорогостоящих изделиях стараются организовать многоступенчатый контроль, который обычно всегда начинается с проверки отсутствия замыканий в шинах питания, да и то только частично. Но и это не гарантирует от внесения вторичных неисправностей при подаче питания.

И даже, если после подачи питания ПУ заработал, это еще не значит, что ПУ будет гарантированно работать в условиях заказчика. Возможны ситуации, когда в процессе сборки параметры компонентов уходит, но они еще находятся на границе зоны работоспособности для данных условий.

Возможна и такая ситуация: на сборку поступила некачественная партия компонентов или была перепутана лента на

Сравнение возможностей внутрисхемного и функционального контроля

	Внутрисхемный контроль	Функциональный контроль
Степень локализации дефектов	Высокая	Низкая
Контроль на КЗ и целостность цепей	Высокий уровень	Нет
Контроль параметров компонентов	Высокий уровень Текущий номинал Допустимый диапазон Анализ деградации	Нет
Контроль структурной целостности	Высокий уровень	Нет
Необходимость подачи питания на изделие и возможность внесения вторичных неисправностей	Нет, отсутствует	Да, высокая
Информативность, накопление статистической информации и анализ, прогнозирование отказов	Высокий уровень	Низкий
Прохождение модуля со скрытыми дефектами на следующую производственную стадию	Низкий	Высокий
Себестоимость локализации и устранения выявленных дефектов (персонал, время)	Низкая	Высокая
Скорость реакции на выявленное отклонение в технологическом процессе	Высокая	Низкая
Возможность быстрой локализации дефектов на рекламационных модулях	Высокая	Низкая
Степень контроля общей работоспособности	Низкая	Высокая

фидере. С момента обнаружения брака до его локализации может пройти много времени. Сколько продукции окажется забракованной, и какова стоимость устранения возникшего дефекта? Известна аксиома – пропуск дефекта на следующий этап сборки увеличивает стоимость локализации и устранения дефекта в 10 раз. Могут быть и другие подобные ситуации.

Становится ясно, что средствами только функционального контроля не решить задачу обеспечения качества выпускаемой продукции и своевременной локализации возможных дефектов. Функциональный контроль не дает гарантий, что если изделие работоспособно в данный момент, то оно будет работоспособным и в дальнейшем.

Намного более информативным и эффективным является внутрисхемный контроль (см. таблицу). На этапе внутрисхемного контроля осуществляется проверка ПУ на наличие коротких замыканий, целостность цепей, параметрический контроль дискретных компонентов и структурный тест. Данный контроль происходит без подачи питающих напряжений на проверяемый модуль. По его результатам можно судить о том, что печатный модуль собран правильно, установленные компоненты исправны, а их параметры находятся в зоне допусков, отсутствуют короткие замыкания, модуль имеет струк-

турную целостность. Только после положительных результатов выполнения внутрисхемного контроля мы имеем моральное право подать рабочее напряжение питания на тестируемый модуль, не опасаясь внести вторичные неисправности.

Важно отметить, что внутрисхемный электрический контроль лишь дополняет другие виды контроля, локализуя дефекты, которые другие виды контроля не в состоянии обнаружить (от простого, например, перепутан номинал компонента, до деградации компонента в процессе оплавления). Он, например, не оценивает качество паяных соединений (в отличие от оптического контроля), а лишь констатирует наличие или отсутствие электрического контакта, не подменяет функциональный контроль, а лишь создает условия для его успешного выполнения. Проведение внутрисхемного контроля снимает на этапах наладки или функционального контроля проблемы поиска, локализации и устранения производственных дефектов, на которые по статистике уходит до 90% времени наладчика.

Еще один полезный аспект от введения стадии внутрисхемного контроля связан с персоналом. Высококвалифицированные кадры всегда дефицитны. При уходе наладчика, который накопил определенный опыт в работе с изделием, весь его багаж знаний и навыков для предприятия пропадает. Своевременная отработка возможных дефектов на уровне тестовых программ позволяет не только сохранять, но и расширять возможности диагностики, в которой человеческий фактор будет минимизирован.

Ключевым вопросом внедрения эффективного внутрисхемного контроля является выбор соответствующего оборудования. Наибольший интерес вызывают системы с "летающими пробами", имеющие большую гибкость и не требующие доработки изделий под адаптерные устройства. Среди подобных систем особо выделяется система SPEA 4040 итало-немецкой компании SPEA – мирового лидера в производстве автоматического тестового оборудования.



Рис.1 Система SPEA 4040 с автоматическими загрузчиком и разгрузчиком

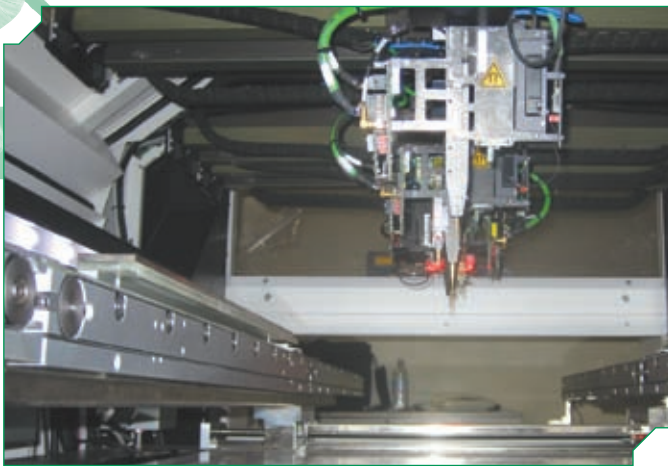


Рис.2 Вид системы изнутри — четыре тестовые головки расположены в ряд

30-летнее сотрудничество компании SPEA с компанией SIEMENS и другими крупнейшими производителями электроники, сделали системы SPEA 4040 самыми высококлассными скоростными тестерами с летающими пробями на мировом рынке. С 2006 года оборудование и технологии компании SPEA стали доступны и на российском рынке.

СИСТЕМА SPEA 4040

Предназначена система для внутрисхемного и функционального электрического контроля ПУ (рис.1). Некоторые технические характеристики, ее преимущества уже были представлены в работе*. Мы остановимся более детально на вопросах конкретного применения системы SPEA 4040 в технологическом процессе сборки ПУ.

Системы электрического контроля с летающими пробями снимают много проблем, сопутствующих проведению внутрисхемного электрического контроля, но проявляют новую — снижение производительности процесса контроля по сравнению с адаптерными системами. SPEA 4040 разрушает сложившееся мнение о производительности и поднимает планку на новый уровень, обеспечивая работу в условиях серийного производства. Рассмотрим особенности данной системы.

*Насонов А. Оборудование для электрического тестирования печатных узлов.//Печатный монтаж, 2007, № 4.

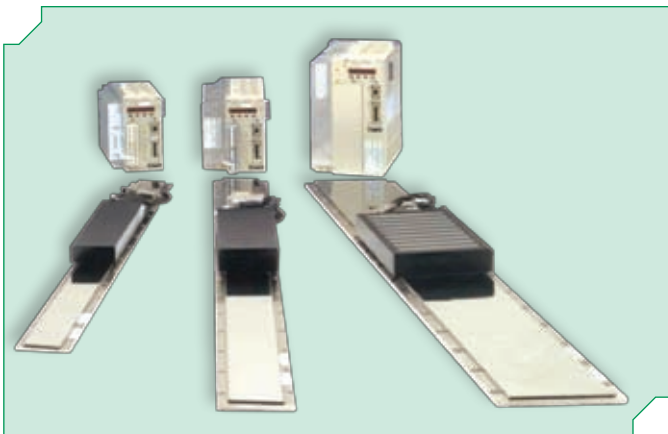


Рис.3 Линейные двигатели

Уникальная механика системы

Система SPEA 4040 — это уже 3-е поколение системы электрического контроля с летающими пробями. Важнейшей ее составляющей является механика (рис.2). Вы не найдете массивных шаровинтовых пар и осевых направляющих. Они заменены легкими и компактными линейными приводами на магнитном подвесе с воздушными подшипниками (рис.3).

Касание пальца к летающей головке вызывает легкое и плавное ее перемещение благодаря микронной воздушной подушке между статором и ротором линейного двигателя. В момент прихода ротора в нужное положение подача воздуха прекращается, ротор ложится на статор, образуя монолитную конструкцию, в которой люфт отсутствует вообще. Учитывая, что в конструкции линейного привода используют керамические материалы, имеющие низкие значения коэффициентов температурного расширения, получается очень стабильная к температурным изменениям система с отсутствием пар трения. Для линейного двигателя не существует понятия мини-

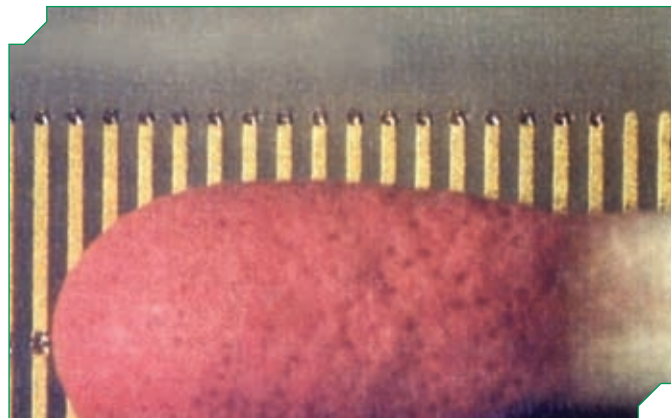


Рис.4 Пример точности контактирования

мального шага перемещения. Точность ограничивается только разрешением датчика положения в контуре управления и параметрами регулирования (рис.4). В отличие от систем с шаговыми двигателями и датчиками положения на валу, в системе SPEA 4040 используются линейные датчики положения на керамических подложках с разрешением 1,25 мкм. В результате привод всегда знает реальные (а не вычисленные) значения координаты положения тестового проба и имеет высокую температурную стабильность. Результат — попадание тестового проба в точку с заданными координатами с точностью $\pm 2,5$ мкм во всей рабочей зоне (для сравнения — толщина человеческого волоса 60 мкм).

В реальных условиях точность в 2,5 мкм нужна редко, но для работы с компонентами микроэлектроники или модулями на керамике этот показатель будет важен (рис.5). Заявленная точность доступна как опция. А для ПП и технологического процесса сборки ПУ вполне хватает точности в 25 мкм.

Как было отмечено выше, летающие головки легки и подвижны, но легкость дает еще и низкую инерционность, что позволяет перемещать приводы с большими скоростями и

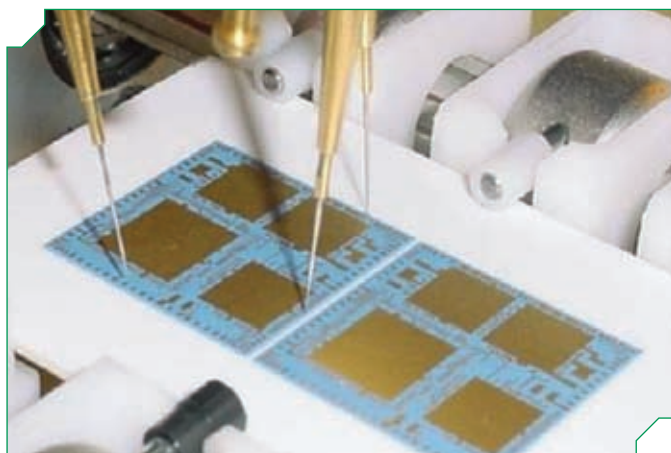


Рис.5 Работа на керамической плате

ускорениями до 10g. Система позволяет выбрать два уровня по производительности в зависимости от объемов производства.

Система легко адаптируема в действующие производства разных типов. На рис.6 показана система с загрузчиком челночного типа, обеспечивающая хорошую эргономику для оператора. Ему необходимо закрепить тестируемый модуль в челноке и всего лишь нажать кнопку – модуль уходит на проверку, а после окончания проверки сам возвращается. Конфигурация загрузочного узла позволяет выполнять внутрисхемный и функциональный контроль. На нем легко выполнить дополнительные подключения для подачи электропитания и дополнительных входных сигналов на тестируемый модуль как через краевые разъемы ПУ, так и через тестовые пробы на магнитных основаниях снизу. Ниже мы еще остановимся на возможностях системы в области функционального контроля.

Следующая особенность системы SPEA 4040 – возможность работы в составе автоматической линии. Это позволяет добиться максимальной производительности и автоматизации всего процесса контроля. Как опция, в зоне контроля под ПУ может быть оборудован стол с регулируемым уровнем положения. На нем можно разместить поддерживающие упоры для компенсации деформации платы или упоры с вакуумными присосками для особо больших или деформированных плат. Кроме того, можно поставить тестовые штыри на маг-



Рис.6 Система SPEA 4040 с загрузчиком челночного типа

нитных основаниях для подачи на плату электропитания или других сигналов, когда количество дополнительных сигналов невелико и делать адаптер не целесообразно, а в экстремальных случаях можно установить полноценный адаптер с ложем гвоздей.

Существуют еще варианты загрузочного устройства с челночным загрузчиком в составе линии и с фронтальной загрузкой (на них останавливаться не будем ввиду редкого их применения).

Переход от одного типа изделия к другому выполняется простым выбором необходимой тестовой программы. Эту процедуру можно автоматизировать. Система умеет работать со штрихкодом и маркировкой – она сама запустит нужную тестовую программу. Также существуют средства для работы с модификациями одного и того же изделия. Все это дает широкие возможности для автоматизации контроля в технологическом цикле.

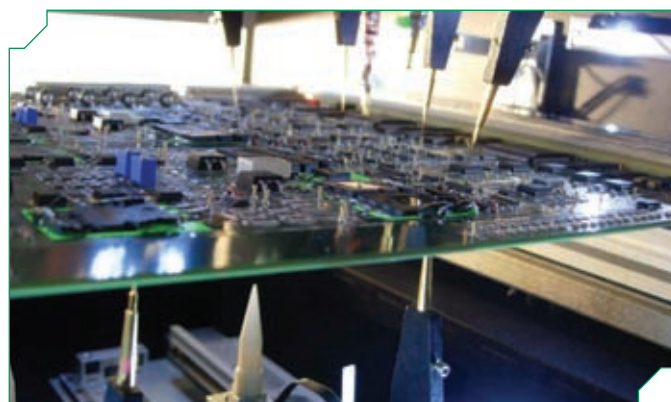


Рис.7 Система SPEA 4040 с четырьмя летающими тестовыми пробами сверху и двумя – снизу

Система SPEA 4040 содержит оптическую систему, необходимую для базирования контролируемой платы. Кроме того, оптическая система позволяет проводить оптическую инспекцию на наличие-отсутствие компонентов, проверку полярности компонентов и распознавание маркировки.

В условиях современного производства с технологией поверхностного монтажа ПП испытывает деформирующие воздействия от технологических процессов, что приводит к изменению ее геометрических размеров. Без учета изменений точное попадание в галтель вывода миниатюрного компонента невозможно. Поэтому тестовая система оснащена камерой высокого разрешения и функцией перерасчета заданных координат тестовых точек. Она учитывает деформацию и угловое смещение конкретной платы. Имеются также средства компенсации прогиба платы, который необходимо учитывать для плат с высокой плотностью монтажа и при работе с миниатюрными компонентами. Например, прогиб платы в 1 мм может вызвать смещение зоны попадания до 200 мкм.

Отметим еще одну уникальную конструктивную особенность системы. Кроме четырех верхних летающих проб она может быть оснащена двумя полноценными летающими про-

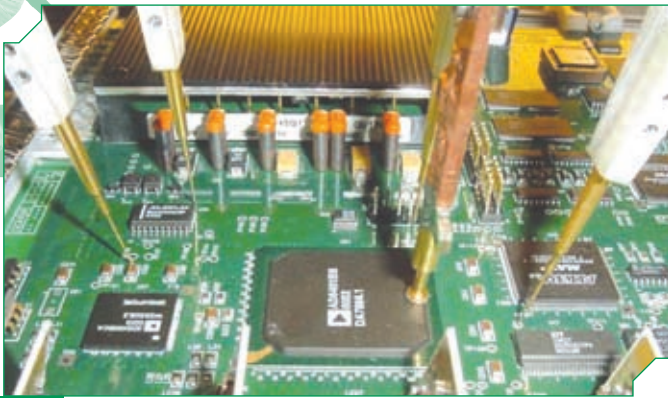


Рис.8 Контроль BGA-компонента с использованием технологии Elektro-Scan

бами с нижней стороны платы с дополнительной функцией компенсации прогиба платы (рис.7). Конфигурация 4+2 характеризуется наивысшей производительностью контроля. Она также позволяет проверять ПП до установки на них каких-либо компонентов. Это особенно важно, когда производится единичная и очень дорогостоящая продукция.

Возможности измерительной системы

Проведение измерений – основная функция системы. Измерительная часть системы SPEA 4040 обладает широчайшими метрологическими и диагностическими возможностями (рис.8, см. ссылку на с.20). Для того чтобы измерительный процесс не снижал производительность механической части системы, в ней реализованы высокоскоростные методы измерений электрических параметров. При этом точность измерений на порядок превышает возможности аналогичных систем.

Остановимся еще на одной уникальной возможности при тестировании ПП и ПУ. Эта технология была разработана компанией SPEA совместно с компанией SIEMENS и запатентована для применения только на оборудовании SPEA.

Известно, что производство современной РЭА усложняется на этапах наладки и регулировки высокочастотных цепей. При использовании в схемах конденсаторов и индуктивнос-

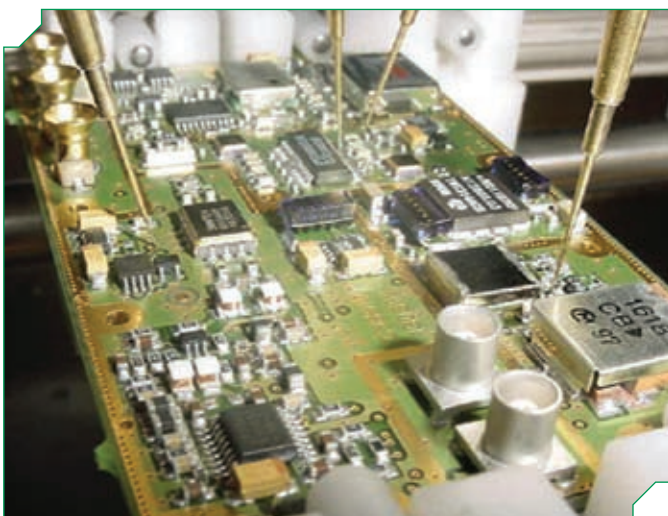


Рис.9 Работа с высокочастотным изделием

тей с малыми значениями, на параметры высокочастотных цепей оказывают влияние и проводники на плате, обладающие сопоставимыми по величинам распределенными значениями емкости и индуктивности. В тестовой системе реализована технология измерения узловых импедансов, которая позволяет измерять комплексные реактивные параметры и сравнивать их величины с заданными (рис.9). При этом точность измерения, например емкости конденсатора, составляет 0,1 пФ с разрешением 0,01 пФ, а сигнальный процессор обеспечивает полную автоматизацию измерений. При наличии расхождений между заданными и измеренными значениями параметров включается функция анализа и локализации дефекта. Специалисты высокочастотной техники высоко оценят такую возможность при контроле ПУ.

Данная технология полезна и для обычных изделий. Она позволяет резко поднять производительность процесса контроля, сократив количество измерений на плате до 40%. При этом уже нет необходимости проводить тотальное тестирование на короткие замыкания, целостность цепей и проверку каждого компонента в отдельности. Достаточно измерить параметры цепей в узловых точках и перейти к локализации дефектов на уровне компонентов в тех цепях, где есть расхождения в измеренных и заданных значениях. Измерительная система имеет возможность "обучения" по заведомо исправной (эталонной) плате.

В системе SPEA 4040 заложены широкие возможности для проведения функционального контроля, если это целесообразно и необходимо. В системе одновременно может работать до 10 источников электропитания с широкими возможностями обеспечения энергетических показателей – пять программируемых и пять с фиксированным напряжением.

Для имитации различных входных сигналов (например, от датчиков) имеются специальные модули входных воздействий (рис.10). По сути, это программируемые генераторы напряжения (до 80 В) и тока (до 3 А), позволяющие задавать не только параметры сигналов, но и кривые изменения этих параметров во времени. Существует несколько вариантов модулей входных воздействий, которые применяют в зависимости от требуемого напряжения, тока и точности. Доступны также модули таймера/счетчика, генератора сигналов с синтезатором частоты и программируемых декад резисторов.

Современные изделия уже немыслимы без программируемых микросхем (рис.11). Поэтому в системе реализована функция внутрисхемного программирования. Цифровые модули ввода/вывода позволяют одновременно использовать до 128 цифровых каналов (четыре на летающих тестовых пробах, а остальные – через дополнительные подключения к тестируемому модулю). Каждый канал имеет индивидуальное программирование логических уровней (от -3 до +8 В) и программируемые временные характеристики фронтов. В зависимости от типа программируемой микросхемы выбирает-

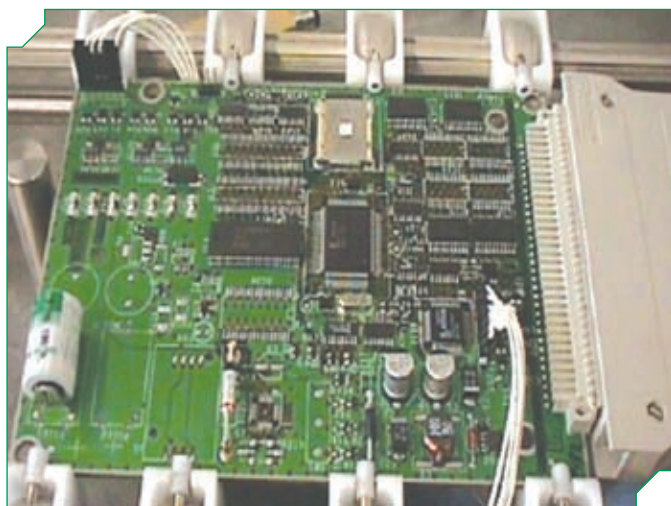


Рис.10 Функциональный контроль изделия через подключение к крайним разъемам

ся необходимый драйвер, который обеспечивает реализацию интерфейса программирования. Поддерживается большая база программируемых компонентов и все виды форматов данных для программирования.

Тестовая система с такими возможностями должна иметь развитые средства разработки тестовых программ и управления всей периферией. Большинство функций внутрисхемного контроля реализуется в автоматическом режиме при условии, что входная информация из системы проектирования корректна и имеются необходимые данные по всем компонентам. В случае отсутствия в проекте полной информации система предоставляет необходимые средства дополнения и редактирования входной информации, используя собственные и создаваемые базы данных по компонентам и тестам.

Система предоставляет развитые средства разработки тестовых программ для одиночных плат и плат в групповых заготовках. Полный список реализованных функций занимает не одну страницу. Как такового языка программирования нет. Разработку программ осуществляют в режиме диалога, в котором заполняют информацией необходимые поля. Система снабжена мощными средствами графического отображения задач и результатов. Открытая архитектура позволяет использовать готовые программные модули с любого языка программирования или путем обращения к функциям через библиотеки DLL.

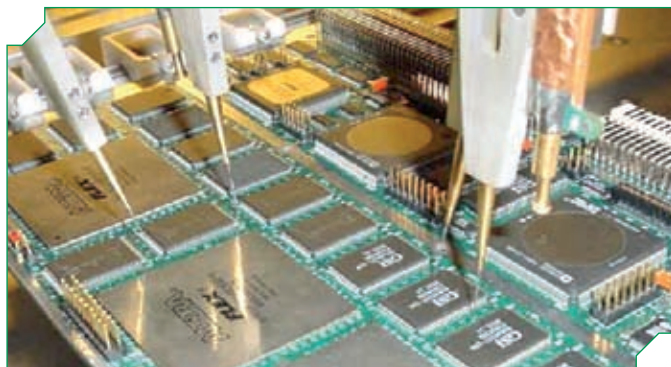


Рис.11 Пример тестируемого изделия высокой сложности

Компания SPEA имеет обширную сервисную службу и может решать любые задачи "под ключ". Комплексная система обучения предусматривает постоянное повышение квалификации тестовых инженеров для эффективного использования всех возможностей системы. При этом обучение производится на изделиях заказчика. Практически каждый месяц на сайте производителя появляются модули для обновления программного обеспечения с описанием новых функций и коррекцией старых. Все это говорит о том, что система постоянно совершенствуется и востребована в условиях современных производств.

Таким образом, система SPEA 4040 имеет мощный потенциал для проведения качественного контроля собранных печатных узлов в условиях серийного производства, обеспечивая при этом гибкость и простоту перехода на новые изделия. Грамотная эксплуатация и эффективное применение такой системы предъявляют определенные требования к подготовке тестового инженера. В то же время – система позволяет существенно сократить штат наладчиков и повысить уровень автоматизации производства. Эксклюзивным представителем компании SPEA в России является компания OSTEC, которая готова помочь внедрить новейшие технологии электрического контроля в Ваше производство. □