



# Что и как можно и нужно проверять после сборки печатной платы

**Если речь идет о производстве, выпускающем изделия «под дешевый Китай», можно ничего не проверять, а то вдруг появится качество и подделка будет раскрыта. Если же у производителя есть желание выпускать продукцию качественную, да еще и добиться определенного уровня рентабельности, придется проверять многое и весьма тщательно.**

**Андрей Насонов**

Andrey.Nasonov@ostec-smf.ru

Электрическое тестирование нельзя рассматривать только как проверку, с помощью которой определяют, работает устройство или нет. Прежде всего, оборудование для тестирования — это средство обеспечения определенного уровня качества. Речь идет не только о проверке характеристик изделия, но и о диагностике возможных отказов в процессе эксплуатации. Что и позволяют делать используемые технологии. Следует помнить, что выполнить такие измерения вручную практически невозможно. Используются статистические методы, требующие огромного количества измерений, осуществить которые вручную нереально. Постоянный рост затрат на заработную плату приводит к тому, что применение труда наладчика рентабельно только при единичном производстве уникальных дорогих изделий.

Одним из самых действенных способов обеспечения высокой и сверхвысокой надежности выпускаемых изделий является входной контроль комплекующих. Когда требования по надежности уникальны, его проводят по методикам даже более жестким, чем предусмотрено техническими условиями на компоненты. Данный процесс очень трудоемок и дорог. В случае поверхностного монтажа, когда элементы находятся в пеналах и лентах, для организации входного контроля требуется весьма сложное и дорогое оборудование. Разумным и экономически оправданным компромиссом становится проведение детальной диагностики компонентов на этапе электрического тестирования уже собранного изделия. Возможно, потребует замена компонента на уже собранной плате, но при сотрудничестве с надежными поставщиками это не будет носить систематический характер.

Современное оборудование для электрического тестирования позволяет осуществить такие проверки. Измерения параметров пассивных элементов выполняются еще до подачи питания на плату. Номиналы резисторов конденсаторов индуктивностей и проч. рассчитываются по результатам не-

скольких измерений импеданса в различных точках. Таким образом, исключается шунтирующее влияние других элементов схемы. Установка сравнивает величины номиналов со значениями, заложенными в документацию, и выдает информацию об отличиях или прямое указание на замену. Параметры диодов, стабилитронов, транзисторов и других полупроводниковых элементов также измеряются еще до подачи питания на плату. При поданном питании проверяется как соответствие параметров отдельных микросхем, так и функциональное соответствие устройства в целом. Уровень детализации проверок и степень «предвзятости» установки задается пользователем. Для организации управления качеством выпускаемых изделий полезной оказывается способность установок накапливать и документировать результаты тестирования.

Всеми перечисленными свойствами обладает одна из лучших установок для тестирования типа «летающие пробы» SPEA 4040. Принцип работы контактирующего устройства установки проиллюстрирован на рис. 1. Внешний вид представлен на рис. 2.



**Рис. 1.** Принцип работы контактирующего устройства установки SPEA 4040



Рис. 2. Внешний вид установки SPEA 4040

В системе электрического контроля с «летающими пробами» SPEA 4040 имеется оптическая система, которая помимо функции координирования платы проверяет наличие компонентов, соответствие их маркировки и правильность установки. По сути, это встроенная оптическая инспекция, которая обычно в процессе производства осуществляется с помощью отдельной машины. Наличие ее в составе SPEA 4040 позволяет организовать оптическую инспекцию и электрический тест с помощью одного аппарата. В тех случаях, когда не требуется высокая скорость, подобное решение экономически очень привлекательно.

Некоторые технические характеристики установки приведены в таблице.

Возможно возникновение трудностей при тестировании плат содержащих микросхемы в корпусах BGA, uBGA, QFN и других, где доступ к выводам микросхем невозможен. Тут применим метод ELECTRO SCAN. Принцип измерения при этом методе проиллюстрирован на рис. 3.

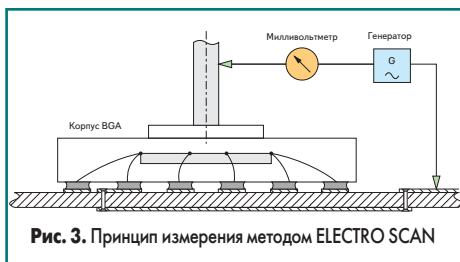


Рис. 3. Принцип измерения методом ELECTRO SCAN

Прозвонка выводов осуществляется через емкостную связь между плоским щупом и кристаллом микросхемы. Единственное ограничение такого метода состоит в том, что корпус микросхемы должен быть неметаллическим.

В ряде случаев может использоваться технология тестирования по методу узловых импедансов. При ее использовании время тестирования снижается в среднем на 40%. Измерение импеданса производится с помощью сигнального DSP-процессора, точность измерения емкостной составляющей, например до 0,1 pF. Принцип измерения проиллюстрирован на рис. 4.

Если необходимо оборудование для изделий, выпускаемых большой серией, или изготовление специализированной оснастки экономически целесообразно по каким-либо другим соображениям, то можно использовать установку с контактированием через «ложе гвоздей». Контактное поле набирается из отдельных пробов, конструкция которых может

Таблица. Технические характеристики установки SPEA 4040

Скорость тестирования	Одиночный тест	20 тестов в секунду
	Суммарная	50 тестов в секунду
Пределы измерений компонентов при внутрисхеменном тесте	Резисторы	0,001 Ом – 100 МОм, 1%
	Конденсаторы	5 пФ – 1 Ф, 10%-1%
	Индуктивности	10 мкГн – 10 Гн, 10%
	Диоды, светодиоды, стабилитроны	Uпр/Inр, Iобр/Uобр, Uст/Iст, Uпр/Inр
	Биполярные транзисторы	Uкэ нас., Uбэ нас., Iкэо, статический коэффициент передачи тока h21э
	Полевые транзисторы	РСИ, УЗИ(пор), IC(нач)
Короткие замыкания	Стандартный тест измерения сопротивления, измерение узловых импедансов	
	Трансформаторы	Сопротивление, индуктивность, направление намотки обмоток, коэффициент трансформации
Тест с подключением питания	Источники питания постоянного напряжения	2 5 В, 5 А
		2 12 В, 2 А и 2 15 В, 2 А
		2 12 В, 2 А и 2 24 В, 2 А
	Программируемые по току и напряжению источники питания	0–6 В, 10 А
		0–6 В, 30 А
		0–20 В, 5 А
Программное обеспечение	Управляющего компьютера	Windows NT
	Тестового оборудования	ATOS2 Fly

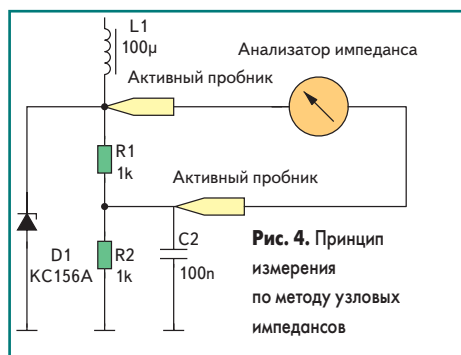


Рис. 4. Принцип измерения по методу узловых импедансов

быть различной в зависимости от токовой нагрузки и типа площадки контактирования. Общее представление о них можно составить на примере изделий фирмы Ingan, показанных на рис. 5 и 6.

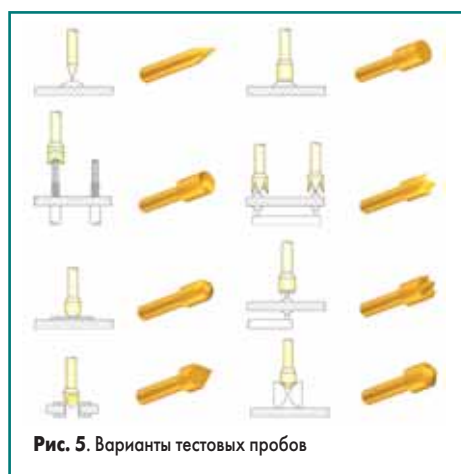


Рис. 5. Варианты тестовых пробов



Рис. 6. Варианты тестовых пробов

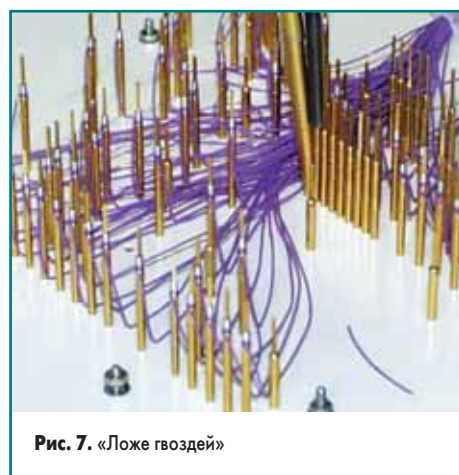


Рис. 7. «Ложе гвоздей»

Такой принцип контактирования проиллюстрирован на рис. 7. Внешний вид установки SPEA 3030, которая предназначена для работы с таким адаптером на рис. 8.

Очень удобным для многих практических приложений является комплект, построенный на основе модулей компании National Instruments. На их базе легко создается любая конфигурация измерительных средств, позволяющая производить измерения в широком диапазоне частот и напряжений. Например, модуль генератора N1 PX-5652 имеет частотный диапазон до 6,6 ГГц. В соче-



Рис. 8. Внешний вид установки SPEA 3030



тании с удобной средой программирования LabVIEW получается высокотехнологичное измерительное средство, которое, учитывая относительно невысокую стоимость, является весьма удобным для точных измерений как в процессе разработки, так и при производстве изделия. Использование одного и того же измерительного оборудования на всех стадиях жизни изделия как нельзя лучше соответствует принципу одновременной разработки изделия и предназначенных для него средств тестирования. Конфигурация комплекса для электрического тестирования на базе модулей компании National Instruments представлена на рис. 9.

Вопрос выбора и разработки средств электрического тестирования следует рассмотреть особо. К сожалению, в производство часто попадают разработки, которые выполнены без учета пригодности для тестирования в процессе изготовления. Это, безусловно, является свидетельством низкой квалификации разработчика и означает большие и дорогостоящие проблемы при выпуске изделия.

Даже если заказчик разработки не акцентировал внимание на тестировании в техническом задании, любой уважающий себя разработчик сам поднимет этот вопрос. Какие бы



**Рис. 9.** Конфигурация комплекса для электрического тестирования на базе модулей компании National Instruments

гениальные технические решения ни были заложены в конструкцию, грош им цена, если изделие со скрипом идет в производстве. Любая идея может быть дискредитирована проблемами при тиражировании.

Если все-таки в производство попадает изделие, для которого вопросы электрического тестирования не решены, можно использо-

вать режим «золотой платы». В этом варианте сначала установка SPEA 4040 сканирует эталонную плату, запоминает ее параметры, а затем сравнивает с ней проверяемую плату. Технология незаменима для старых разработок и ленивых разработчиков.

Вообще-то, такое высокоинтеллектуальное оборудование как установка с «летающими пробами» SPEA 4040 способно в автоматическом режиме скомпенсировать не только дефекты разработки, но и многие погрешности изготовления. Например, автоматически корректируются координаты точек контактирования, если система оптической инспекции обнаруживает отличие в размерах конкретной платы от эталона.

Добиться снижения затрате одновременным повышением качества изделий можно, если проводить целенаправленную долговременную политику при организации электрического тестирования. Она должна состоять из выбора оборудования, наиболее подходящего для изделий, на которые это производство ориентировано, привязки разработок к этому оборудованию с момента начала проектирования, конструктивной унификации плат различных изделий для упрощения тестирования и многих других мероприятий.