

КАЧЕСТВО

Комплексное тестирование: современные методы

Текст: **Арсений Ликий**
Юрий Ерендеев
Иван Дергунов



Совершенствование современной элементной базы, технологий производства и изготовления электронных блоков и модулей позволяет создавать высокотехнологичные решения во всех сферах радиоэлектронной промышленности: от наручных часов до систем управления летательными аппаратами. Вместе с увеличением функциональных возможностей уменьшаются геометрические размеры компонентов, а значит и конечных продуктов. Параллельно с повышением эффективности, а в ряде случаев и универсальности изготавливаемой продукции (с точки зрения применения), встает необходимость проводить качественный электрический контроль печатных узлов.

Наиболее верное решение — проверка на отсутствие дефектов на каждом этапе производства, до того, как устройство собрано полностью. В противном случае будет намного сложнее локализовать и устранить возникший дефект, а также предупредить появление такого дефекта в будущем.

Тестирование печатных узлов можно разделить на следующие этапы:

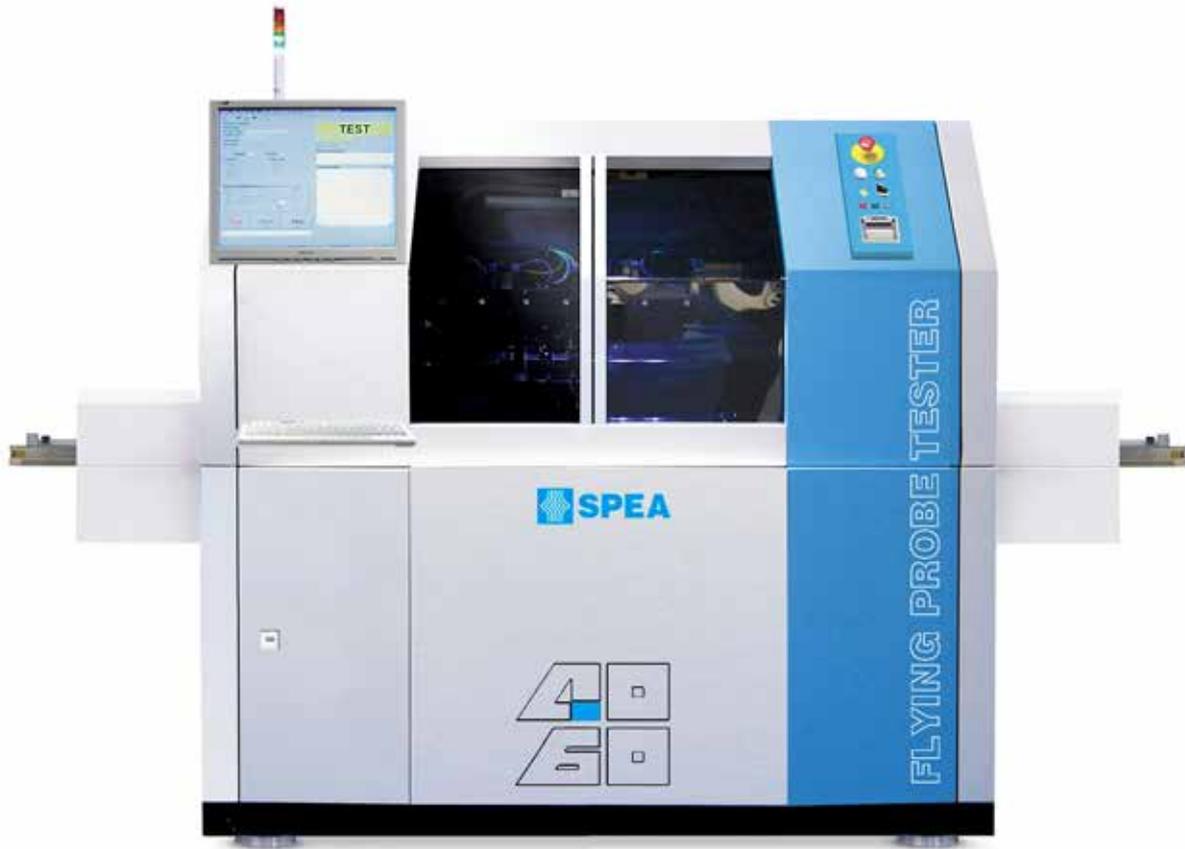
- внутрисхемный контроль, реализуемый на базе системы электрического контроля с летающими пробниками SPEA:
 - тестирование печатной платы до монтажа компонентов;
 - проверка установленных компонентов на соответствие конструкторской документации;
 - контроль параметров электрических цепей;
 - проверка микросхем на целостность защитных диодов и контрафакт;
 - прошивка микросхем;
 - опционально — оптическая инспекция;
- периферийное сканирование цифровых узлов на базе контроллера JTAG:
 - тестирование межсоединений;
 - функциональный контроль памяти и логических элементов;
 - идентификация производителя компонента (проверка на контрафакт);
 - прошивка микросхем;
- функциональный контроль с использованием модульной измерительной системы стандарта PXI от компании National Instruments.

Казалось бы, зачем усложнять этап контроля выпускаемой продукции и внедрять в производство дополнительные системы тестирования, если можно обойтись обычным стендом для функционального контроля? И действительно, при производстве изделий невысокой стоимости и низком проценте брака этого может быть достаточно — неисправный модуль можно попросту утилизировать. Однако если на плату устанавливаются дорогостоящие компоненты или же процент брака по тем или иным причинам высок, требуется локализация и устранение дефектов, а на основе полученной статистики появляется возможность предупредить появление ранее выявленных дефектов в будущем. Так как же грамотно применить доступные современные средства тестирования и электрического контроля выпускаемой продукции?

Рассмотрим конкретный пример. Предприятие занимается изготовлением высокочастотных электронных модулей с цифровым управлением. Как можно организовать контроль выпускаемой продукции на всех этапах производства?

Первый этап — входной контроль печатных плат и компонентов. Большинство отказов связано именно с дефектами печатных плат. И если обрыв или короткое замыкание токоведущих дорожек можно выявить довольно легко, то некачественную металлизацию переходных отверстий весьма сложно. Данный дефект можно отнести к классу плавающих: при проведении испытаний изделия в камере низких температур устройство перестаёт корректно работать — пропадает контакт в переходном отверстии за счёт сжатия металла при отрицательных температурах, но при нормальных условиях устройство работает вновь. И хорошо, если процент таких дефектов невысок, если на плату не устанавливаются дорогостоящие прецизионные компоненты или микропроцессоры. А если устанавливаются? Неужели электронный модуль стоимостью пару тысяч долларов можно просто выбросить из-за невозможности локализации и устранения возникшего дефекта? Или тратить драгоценное время профессиональных инженеров? Конечно, в некоторых ситуациях с платы можно демонтировать самые дорогие компоненты и использовать их на другом изделии, но, к сожалению, это не всегда возможно. Кроме того, ряд дополнительных дефектов может возникнуть внутри этих компонентов в результате демонтажа. Именно поэтому так важно выполнять монтаж печатной платы только после того, как она прошла входной контроль.

Второй этап контроля — проверка смонтированных на плату компонентов на соответствие конструкторской документации: проверка номиналов и допусков пассивных компонентов, правильность установки полярных компонентов, проверка микросхем на целостность защитных диодов (и проверка на контрафакт), повторная проверка на отсутствие обрывов соединений и коротких замыканий после этапа монтажа. На этом этапе можно предупредить дефекты, возникающие после подачи питания на устройство из-за неверно установленных компонентов (например, сильно завышенное напряжение на логике 3.3 Вольта; нарушение полярности питания и др.).



1

Система электрического контроля SPEA 4060 с шестью летающими пробниками

Учитывая, что в качестве примера мы рассматриваем ВЧ-модуль с цифровым управлением, весьма интересными и важными являются параметры цепей. Система электрического контроля SPEA рис 1 позволяет проводить особый вид теста — NZT-тест, благодаря которому становится возможным произвести замер параметров цепей. Самый актуальный параметр, это, пожалуй, ёмкость токоведущих дорожек относительно экрана. Ведь если речь идёт о ВЧ- и СВЧ-диапазонах, важно иметь нормированное волновое сопротивление. Зная индуктивность проводников, которая закладывается разработчиками на этапе проектирования и разводки печатной платы, а также получив фактическое значение ёмкости, можно рассчитать довольно точно волновое сопротивление. Более того, задав жёсткое ограничение диапазона ёмкости по тем или иным цепям, можно проводить отбраковку плат по данному параметру.

На третьем этапе выполняется периферийное сканирование с использованием технологии JTAG (протокол IEEE 1149.1). Именно периферийное сканирование позволяет убедиться в исправности работы цифровых компонентов, функционально проверить работу микросхем памяти и логических элементов, провести тест идентификации (проверить ID-код компонента) и, что самое главное, провести тест межсоединений. В принципе, некоторые возможности системы электрического контроля SPEA и станции периферийного сканирования JTAG рис 2 перекликаются: тест межсоединений и про-

верка на целостность токоведущих дорожек, а также на отсутствие КЗ практически взаимозаменяемы, кроме одного случая — тестирования BGA-компонентов. Из-за своих конструктивных особенностей контакты BGA-микросхем «скрыты» от глаз. Безусловно, если разработчик устройства спроектировал его таким образом, что каждая цепь, подходящая к выводу BGA-компонента, выходит на верхний (или нижний) слой печатной платы, то можно протестировать её при помощи SPEA. В противном случае — только через JTAG. Конечно, такой дефект, как непропайка шарика BGA-компонента, можно локализовать при помощи рентгена, однако для работы с рентгеном требуется высокая квалификация инженера. Да и стоимость станции периферийного сканирования как минимум в три раза ниже стоимости самой простой рентгеновской установки.

Используя контроллер JTAG, можно программировать микросхемы, проверять NAND-память на наличие сбойных секторов («банок»), контролировать доступность и управляемость тех или иных цепей. Весьма актуально использование JTAG-станции для разработчиков цифровых узлов. После сборки опытных образцов разработчик может проверить работу всех функциональных узлов в определённых ситуациях, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Например, принудительно выставить определённый логический уровень на каком-либо выводе компонента (конечно, если цепь, к которой подключён данный вывод, является управле-



2 Станция периферийного сканирования JTAG JT5705/USB

мой, например, вывод ЦПУ) и проанализировать отклик всей схемы на искусственно созданную нестандартную ситуацию. При помощи тестирования с использованием станции периферийного сканирования JTAG также может выявиться дефект разварки кристалла, который даст о себе знать только после монтажа компонента на печатную плату под действием температуры во время монтажа.

Четвёртый этап включает в себя функциональный контроль готового изделия, снятие требуемых параметров и исследование характеристик. На данном этапе



3 Модульная измерительная система National Instruments

весьма успешно применяется модульная измерительная система стандарта PXI от компании National Instruments рис 3. Благодаря модульной системе можно конфигурировать комплекс измерительных приборов в соответствии с нуждами производства. Стоит отметить, что у компании JTAG Technologies есть модули периферийного сканирования стандарта PXI, которые можно интегрировать в измерительный комплекс National Instruments.

Таким образом, комплексное тестирование цифровых, аналоговых и цифро-аналоговых изделий можно проводить на одном универсальном рабочем месте, что является отличной альтернативой устаревшим как морально, так и физически функциональным адаптерным стендам с не конфигурируемыми параметрами, которые всё ещё находят применение на предприятиях спецтехники.