

Ами ГОРОДЕЦКИЙ, к. т. н. (StarTest)
amigo@Start-Test.com

Неисправность монтажа BGA. Что делать? (Апрельские тезисы)

Тестирование в технологии граничного сканирования обуславливает высокий уровень разрешения при диагностике неисправностей ПП, существенно понижая вероятность ошибочного демонтажа исправной ИС BGA.

Несмотря на то, что история цифрового граничного сканирования (ГС), описываемого стандартом IEEE 1149.1, насчитывает уже почти 20 лет, все еще находятся тест-инженеры и разработчики ПП, не в полной мере представляющие себе преимущества, которые обеспечивает ГС-тестирование. Это недопонимание особенно неприемлемо для тех из них, которые занимаются разработкой схем, содержащих компоненты в корпусах BGA, и пытаются разобраться, почему не работает та или иная ПП, только что как будто работавшая. В общем случае всем понятно, что проблема где-то на уровне крепления контактов ИС BGA к печатному проводнику или площадке при пайке, но как эту проблему обнаружить, если нет никакого физического доступа к местам пайки этих контактов? Визуальные методы контроля, в том числе компьютеризованные, при этом бесполезны, поскольку контакты BGA находятся под корпусом ИС и не видны.

Тестирование в электронике преследует, вообще говоря, три цели, так или иначе сочетающиеся друг с другом. Первая из них — обнаружение неисправностей. Вторая — диагностирование неисправности как минимум до уровня компонента, который можно заменить или устранить неисправность его монтажа на ПП. И, наконец, третья цель — выяснение причины возникновения неисправности, с тем чтобы предотвратить ее повторение в будущем. Достижение этих трех целей возможно лишь при определенном сочетании всех применяемых сегодня технологий — функционального тестирования и различных видов структурного тестирования: граничного сканирования, внутрисхемного тестирования (ИСТ), рентгеновского контроля и некоторых других. При этом давно опробовано и доказано, что для тестирования качества монтажа компонентов BGA ГС-тестирование обладает целым рядом неоспоримых преимуществ над другими методами.

Можно, к примеру, запустить функциональный тест и по его результатам обнаружить, что в ПП есть некая неисправность. Характер проявления неисправности в ходе этого теста может подсказать оператору, что ее причина как-то связана с ИС BGA, но в точности указать, где именно находится неисправность и каков ее характер, функциональный тест не в состоянии. По результатам такого теста нет никакой возможности распознать, расположен ли обрыв цепи или ее короткое замыкание под корпусом ИС BGA, или на некотором расстоянии от этой ИС, или одна неисправность маскирует другую, или же речь вообще должна идти о неисправности самой ИС. Не следует при этом забывать, что разработка эффективного функционального теста для мало-мальски сложной ПП занимает недели или месяцы, а расходы на его проведение, включая стоимость требуемой КИА, могут составлять десятки тысяч долларов. Поскольку диагностика неисправностей по результатам функционального теста весьма ограничена, локализация дефектов требует наличия опытного и квалифицированного персонала и значительных затрат средств и времени.

Обнаружение неисправности «где-то в окрестностях ИС BGA» ставит тест-оператора в тупик. Он может демонтировать ИС BGA с тестируемой ПП, чтобы проверить, не находится ли неисправность под корпусом ИС. Эта ИС после демонтажа либо будет непригодна для повторного монтажа, либо потребуются дополнительные расходы на ее подготовку к повторному монтажу. С другой стороны, демонтаж ИС BGA вносит существенные изменения в общую картину проявления неисправности и затрудняет обнаружение причин ее возникновения. Если же причины не будут установлены и устранены, то после повторного монтажа восстановленной ИС BGA (или новой, что влечет дополнительные расходы) функциональный тест может снова указать на наличие неисправности. Как можно распознать, является ли эта неисправность

функциональной проблемой восстановленной ИС или же структурной проблемой ее монтажа?

Технологии структурного тестирования — JTAG (ГС) и ИСТ — предназначены для обнаружения таких дефектов, как КЗ и обрыв, но что особенно важно: они позволяют диагностировать местонахождение неисправности. Применение тестеров ИСТ, однако, предполагает наличие на тестируемой ПП специальных контактных площадок для щупов тестера. Поскольку само применение ИС в корпусах BGA обусловлено все возрастающей теснотой на поверхности ПП, дефицитное место для размещения таких площадок находится все реже, что ограничивает использование тестеров ИСТ для структурного тестирования и диагностики дефектов. И это ограничение, как известно, далеко не единственное. Стоимость разработки и производства игольчатых адаптеров, специфичных для каждой тестируемой ПП, может достигать нескольких тысяч долларов, а любые изменения в размещении компонентов на ПП приводят к добавочным расходам по внесению изменений в адаптеры, что, к тому же, и не всегда возможно. Следует также отметить, что хранение и техническое обслуживание игольчатых адаптеров совсем не дешево. Вдобавок к тому, что размещение щупов в адаптерах все более проблематично из-за высокой плотности монтажа ПП, обеспечение контактными площадками всех выводов ИС BGA представляется совершенно невозможным, так как напроц убраняет все достоинства применения СВИС в компактном корпусе.

В противоположность тестированию ИСТ, ГС-тестирование не нуждается ни в каких контрольных точках или контактных площадках на поверхности ПП, потому что доставка сигналов тестирования в нужные места, например, в точки монтажа контактов ИС BGA, а также считывание результатов теста обеспечиваются по каналам ГС внутри

самой тестируемой ИС или из других ИС, связанных с ней согласно схеме [ПЭ.2007.5]. ГС-тест для обнаружения обрывов позволяет, разумеется, локализовать такую неисправность, даже если она физически расположена под корпусом ИС BGA [ПЭ.2007.8]. Если неисправная цепь одновременно подключена к контактам нескольких BGA, точная ГС-диагностика места неисправности позволяет избежать демонтажа исправных ИС.

Как происходит диагностика неисправности с точностью до контакта в ситуации, когда неисправная цепь, проходящая во внутренних слоях ПП, подключена к контактам нескольких ИС BGA и еще к каким-то пассивным элементам? В показанном на рисунке примере неисправная цепь может быть одной из цепей шин адреса или данных с подтягивающим резистором. Предположим, обрыв (поврежденный контакт или холодная пайка) находится под ИС BGA-1. ГС-тест для нахождения этой неисправности строится так, чтобы обеспечить выдачу сигнала лог. «0», используя в качестве ГС-передатчика контакт BGA-1. При обрыве на этом контакте ГС-приемники контактов BGA-2 и BGA-3 зафиксируют только лог. «1», что обусловлено наличием резистора, а диагностическое сообщение укажет на вероятный обрыв контакта BGA-1.

Точность ГС-диагностики в значительной степени зависит от того, ГС-ячейки какого типа [ПЭ.2007.6] подключены к тому или иному контакту BGA. Если все контакты нашего примера снабжены ГС-ячейками типа BC_7 (двунаправленные ячейки с запирающим выходным контактом), то, добавив несколько дополнительных тест-векторов, можно значительно повысить диагностическое разрешение, устранив всякие сомнения в местонахождении неисправности. В этом случае любой из трех BGA-контактов цепи может работать как ГС-передатчик, а два других — как ГС-при-

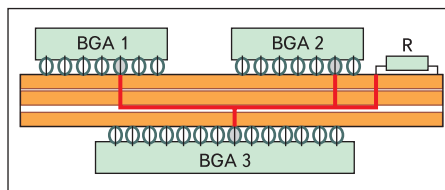


Рисунок. Пример тестируемой цепи

емники. Используем, к примеру, контакт BGA-3 в качестве ГС-передатчика и выдадим на эту цепь тестовую последовательность лог. «1» и лог. «0», что будет зафиксировано ГС-приемником контакта BGA-2 в виде точно такой же последовательности, однако ГС-приемник контакта BGA-1 этой пары тест-сигналов не зафиксирует. Принимая во внимание результаты первого теста, можно быть уверенным в том, что обрыв контакта BGA-1 является единственной неисправностью цепи, поскольку исправность контактов BGA-2 и BGA-3, а также контакта резистора этими двумя тестами подтверждена.

Как диагностировать возможную неисправность монтажа подтягивающего резистора из нашего примера? Этот резистор также может быть пропущен при монтаже, или любой его контакт может иметь обрыв из-за повреждения или холодной пайки. Для обнаружения такого дефекта первым тест-вектором выдадим на эту цепь лог. «0» с контакта BGA-1 как ГС-передатчика. Если все три BGA-контакта как ГС-приемники зафиксируют получение лог. «0», это будет означать, что, как минимум, неисправности типа «зависание на уровне лог. «1»» на них нет. Во втором тест-векторе переведем контакт BGA-1 в состояние с высоким импедансом, а контакты BGA-2 и BGA-3 оставим в качестве ГС-приемников. Фиксация на этих контактах лог. «1» будет означать, что подтягивающий резистор смонтирован вер-

но, а фиксация ими лог. «0» может означать неисправность монтажа резистора.

Вполне естественно, что диагностика места неисправности может содержать некоторую неустранимую неопределенность, зависящую от топологии тестируемой цепи и характера ГС-ячеек контактов цепи. Вот лишь два примера такой неопределенности.

- Цепь подключена только к двум контактам, так что любая неисправность на одном из них проявляется точно таким же образом и на другом контакте.
- В разветвленной цепи одновременно присутствуют несколько неисправностей, например обрыв контактов BGA-2 и BGA-3. Если при этом контакт BGA-1 снабжен только выходной ГС-ячейкой, а контакты BGA-2 и BGA-3 — только входными ГС-ячейками, что определяется их файлами BSDL [ПЭ.2007.7], а подтягивающего резистора нет, то по результатам теста невозможно отличить такую парную неисправность от одиночной неисправности на контакте BGA-1. Тем не менее, в большинстве случаев ГС-тестирование с первой попытки приводит к получению удовлетворительной диагностики неисправностей ПП, существенно понижая вероятность ошибочного демонтажа исправной ИС BGA. При обнаружении в ГС-тесте неисправности ИС BGA вполне логично затем провести инспекцию ПП на рентгеновской установке, чтобы понять причины дефекта, внесенного в процессе монтажа (недостаточность или избыточность пасты, температурные флуктуации процесса пайки и т. д.), и предотвратить его повторение. Комбинирование разнообразных методов тестирования с ГС-тестированием приводит, как правило, к ускорению и удешевлению тестирования и отладки ПП по результатам их монтажа, делая сами результаты тестирования более убедительными и надежными. ■