

ЛОКАЛИЗАЦИЯ МЕРЦАЮЩЕГО ДЕФЕКТА ТИПА «КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ» ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА МИКРОСХЕМЫ В BGA КОРПУСЕ

В. М. Гречишников, А. Д. Бутько, А. А. Ерилкин

Введение

Увеличение функциональной сложности и плотности монтажа современных электронных плат требует совершенствования методов контроля качества их сборки. Вследствие быстрорастущей сложности интегральных микросхем (ИС) стандартная реализация известных методов тестирования электронных изделий наталкивается на ряд трудностей, таких как техническая и технологическая сложность тестов и, соответственно, значительное время их подготовки и выполнения [1]. Проблемы диагностики особенно актуальны при контроле сложных многослойных печатных плат с корпусами микросхем, не имеющих физического доступа к контактам. Существенно повысить эффективность тестирования электронных плат позволяет хорошо зарекомендовавший себя метод граничного сканирования (Boundary Scan).

Метод граничного сканирования описывается в стандарте IEEE 1149.1 и определяет размещение распределенных между выводами функционального ядра микросхемы и выводами ее корпуса специальных внутренних ячеек граничного сканирования (Boundary Scan Cell), образующих регистр последовательного сдвига. Соответствующий интерфейс предназначен для подключения электронных модулей к системам тестирования и диагностики, известен как JTAG-интерфейс. Для доступа к тестируемым ИС используется специальный порт TAP (Test Access Port), представляющий собой: регистр входа последовательных данных периферийного сканирования TDI (test data input), регистр выхода последовательных данных TDO (test data output), регистр тестовой синхронизации TCK (test clock), регистр выбора режима тестирования TMS (test mode select). Инициализация TAP-порта может осуществляться через регистр TRST (рис. 1). Все пять выводов подключаются к специальному внешнему разъему JTAG на печатной плате.

Использование технологии граничного сканирования позволяет разрабатывать тестопригодные изделия с большим коэффициентом тестового покрытия, повышающим потребительские свойства и надежность изделий.

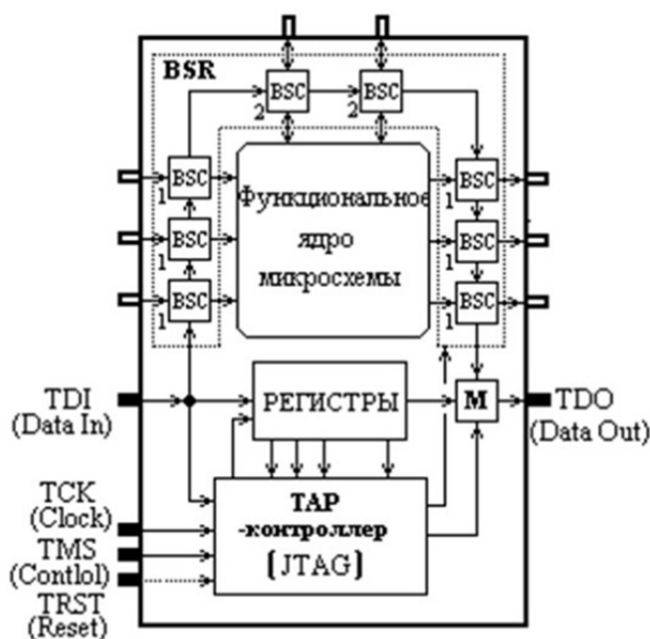


Рис. 1. Микросхема с элементами граничного сканирования

Проблемы выявления мерцающих дефектов на электронных модулях

К «мерцающим» неисправностям относятся такие, которые проявляются относительно редко, например 2–3 раза в день, когда при повторном тестировании наблюдается нештатное прохождение функционального теста или теста граничного сканирования. Сложность диагностики в этих случаях заключается в том, что невозможно искать неисправность обычным путем, т.е. контрольными измерениями в схеме из-за нестабильности и случайного проявления этого состояния.

Современные изделия бортовой радиоэлектроники представляют собой многослойные печатные платы, на которых установлены микросхемы высокой степени интеграции, каждая из которых может иметь до нескольких сотен выводов [2]. При этом во многих разработках используются микросхемы в корпусах типа BGA, к контактам которых после распайки на плате отсутствует физический доступ. Все это создает сложные, а нередко и неразрешимые проблемы для ручного поиска дефектов на собранных печатных платах.

В связи с этим представляется перспективным поиск «мерцающих дефектов» методом граничного сканирования при одновременном воздействии на ЭМ провоцирующих факторов в виде пониженных или повышенных температур, вариации атмосферного давления, влажности, также циклических воздействий в виде механической или акустической вибрации [3].

Моделирование и эффективность поиска мерцающего дефекта «короткого замыкания»

Экспериментальное подтверждение возможностей диагностики скрытых дефектов в процессе вибрационных испытаний [4] сводится к выявлению вероятности обнаружения искусственно созданного мерцающего дефекта. Имитация такого дефекта осуществлялась с помощью геркона, включенного между двумя соседними контактами испытуемой схемы. Функциональная схема экспериментального стенда приведена на рис. 2.

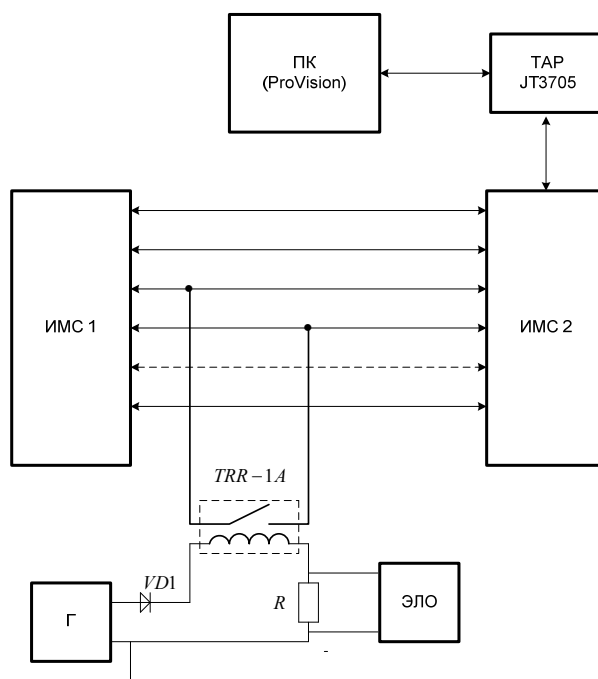


Рис. 2. Функциональная схема диагностики дефекта типа «короткое замыкание» в процессе импульсных испытаний

В состав стенда входит ПК – компьютер с установленным программным обеспечением ProVision. В программе ProVision [2] ранее был разработан диагностический проект. ПК через TAP контроллер JT3705 соединен с эталонной платой стенда, на которой установлена ИМС 2. ИМС 1 – микросхема со «скрытым» дефектом пайки, который имитируется с помощью герконового реле типа TRR-1A. Микросхемы ИМС1 и ИМС2 – Altera EPM570F100I5N; для управления переключением геркона использован импульсный генератор (Г) Г6-26; для контроля формы сигнала с геркона контролировалось с помощью цифрового осциллографа GW Insteck GDS 806S.

Общий вид экспериментальной установки приведен на рис. 3.

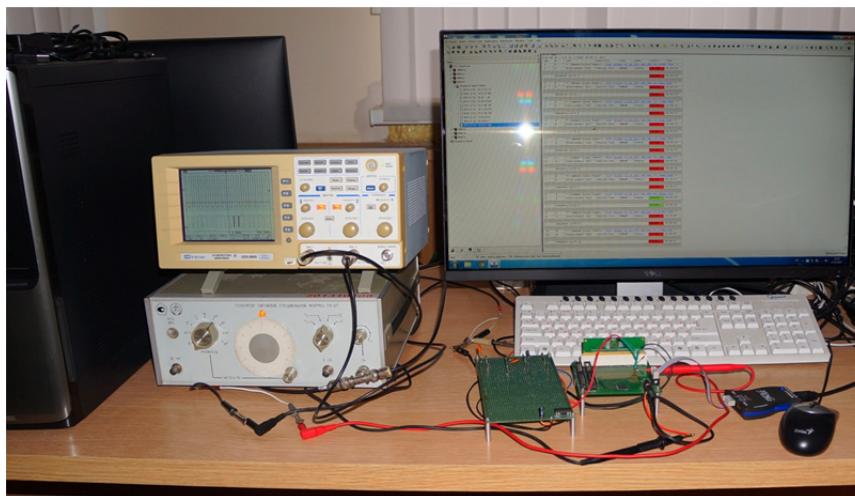


Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки для имитации виброиспытаний и диагностики

Как показали эксперименты, в диапазоне частот от 0 до 400 Гц дефект обнаруживался в течение одного цикла тестирования. Поэтому наибольший интерес представлял диапазон 400–1000 Гц. Учитывая, что начальная фаза вибровоздействия случайна относительно начала цикла тестирования для повышения достоверности результатов, диагностика на каждой частоте проводилась в течение 10 последовательно выполняемых тестов. Кроме того, для большей надежности каждый цикл, состоящий из 10 тестов, выполнялся 10 раз. Таким образом, на каждой частоте тестирование проводилось 100 раз.

В результате статистической обработки результатов эксперимента были получены оценки эффективности диагностирования в зависимости от количества циклов и частоты вибровоздействия. При этом под эффективностью диагностики понимается количество тестов, выявивших дефект к общему числу выполненных тестов. Графическое отображение эффективности показано на рис. 4.

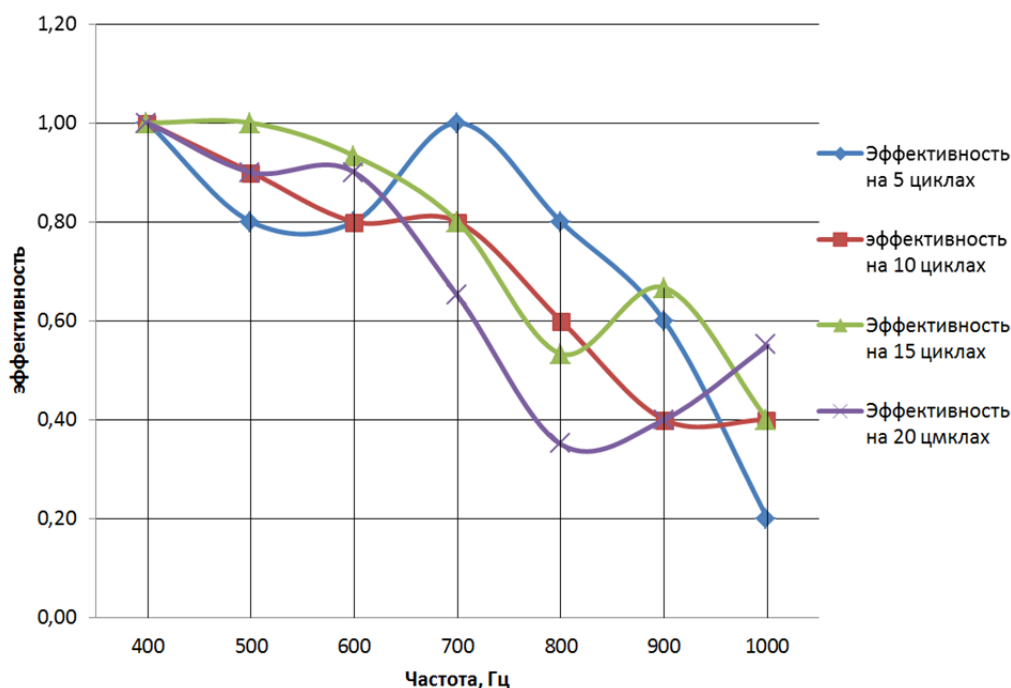


Рис. 4. Графическое отображение результатов диагностирования на частотах 400–1000 Гц, количество циклов 5, 10, 15, 20

Как и следовало ожидать (см. рис. 4), при увеличении частоты вероятность локализации дефекта при однократном тестировании уменьшалась.

Исходя из проведенного эксперимента, можно утверждать, что программно-аппаратный комплекс JTAG ProVision уверенно производит поиск и локализацию дефектов на низких частотах. Ведь даже на частоте 1 КГц достаточно будет 10 циклов диагностики данной платы. Один цикл приблизительно длится по времени две секунды. Это время определяется основным параметром – сложностью печатной платы (количество электрических слоев, установленных компонентов, микросхем с JTAG интерфейсом, реальным покрытием печатной платы).

Как уже отмечалось, в процессе эксперимента [5] диагностика проводилась с произвольным временным сдвигом относительно начальной фазы вибровоздействия, что приводит к значительному разбросу данных от опыта к опыту. Для того, чтобы адекватно обработать результаты, полученные выше, необходимо было провести исследование на этих частотах, но с большим количеством циклов диагностирования. Выбрано десять проходов на исследуемых частотах по десять циклов в каждом. Результаты обработки показаний представлены на рис. 5.

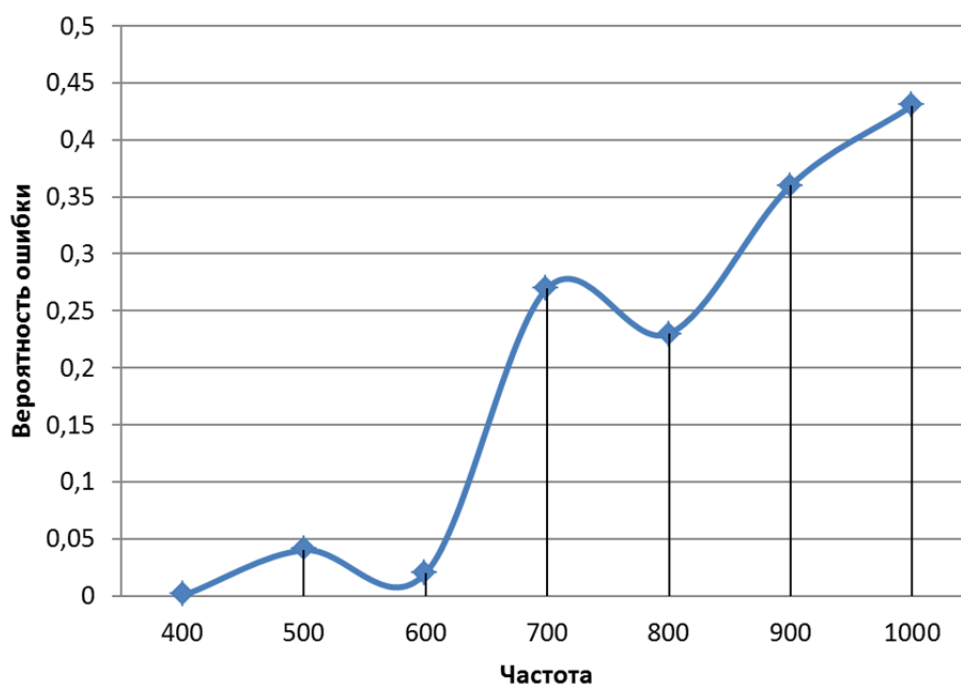


Рис. 5. Зависимость вероятности появления ошибки от частоты

Для того, чтобы вычислить зависимость вероятности появления ошибки от частоты, проанализированы данные, на основании которых определялось, сколько раз за один десятицикловый проход появится отчет об успешно пройденном тестировании. Такие данные были получены для каждой частоты за десять проходов диагностирования.

Как видно из рис. 5, при увеличении частоты до 1 КГц для достоверного обнаружения дефекта под корпусом BGA следует учитывать высокую вероятность возникновения ошибки диагностики, но вполне достаточно десяти циклов в одном проходе.

Выводы

1. Теоретически обоснован выбор количества циклов тестирования при виброиспытаниях для обеспечения 100 %-й диагностики в зависимости от соотношения периода вибровоздействия, длительностей тестовой последовательности и цикла тестирования.

2. Результаты проведенных исследований показали, что при 10 циклах диагностики искусственно вносимый дефект типа К.3 определялся со 100 %-й вероятностью. В диапазоне частот вибровоздействия от 0 до 400 Гц дефект определялся после 1–2 циклов тестирования. С увеличением частоты количество необходимых циклов увеличивалось до 5. В худшем случае на частоте 1 кГц коэффициент запаса по числу циклов диагностики был не хуже 5–6.

Список литературы

1. Ванцов, С. В. Надежность входного контроля / С. В. Ванцов, А. Н. Медведев // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 4 (12). – С. 91–100.
2. Иванов, А. В. Ключевые моменты тестопригодной разработки / А. В. Иванов // Электронные компоненты. – 2010. – № 18. – С. 4–8.
3. Кострикина, И. А. Применение ускоренных испытаний для исследования метрологической надежности информационно-измерительных систем / И. А. Кострикина, А. С. Ишков, Е. Н. Галкина // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 3 (7). – С. 67–73.
4. Гречишников, В. М. Многофункциональные пакеты программ граничного сканирования / В. М. Гречишников, А. Д. Бутько // XII королевские чтения. – Самара : СГАУ, 2013. – Т. 2. – С. 116–117.
5. Особенности разработки макромоделей надежности сложных электронных систем / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский, И. А. Иванов, А. В. Лысенко // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2014. – Т. 1. – С. 101–102.

Гречишников Владимир Михайлович

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой электротехники,
Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С. П. Королева
(443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34)
E-mail: gv@ssau.ru

Бутько Алексей Дмитриевич

инженер, аспирант,
кафедра электротехники,
Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С. П. Королева
(443086, Россия, г. Самара, ул. Московское шоссе, 34)
E-mail: LexAK47@ya.ru

Ерилкин Алексей Андреевич

студент,
Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С. П. Королева
(443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34)
E-mail: LexAK47@ya.ru

Аннотация. Актуальность и цели. Сложные электронные модули, применяемые на борту авиационной и ракетно-космической промышленности, подвергаются различного рода воздействиям окружающей среды такие как: вибровоздействия, термоудары, резкие перепады давления, влажность и тому подобные. Вследствие таких воздействий часто появляются не стабильные во времени дефекты типа «короткого замыкания» и «разрыв контакта». Поиск и локализация которых в лабораторных условиях невозможен, потому что время существования дефекта связано с отклонением от нормальных условий эксплуатации. **Материалы и методы.** Перспективным направлением в исследовании такого рода процессов в электронных модулях является использование метода граничного сканирования, основанного на стандарте IEEE 1149.1, позволяющем при помощи программно – аппаратных средств, проверить целостность электрических связей на печатной плате, за считанные секунды. Разработанные тестовые приложения для поиска и локализации дефектов

Grechishnikov Vladimir Mikhaylovich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of electrical engineering,
Samara National Research University
named after academic S. P. Korolev
(443086, 34 Moscow highway, Samara, Russia)

But'ko Aleksey Dmitrievich

engineer, postgraduate student,
sub-department of electrical engineering,
Samara National Research University
named after academic S. P. Korolev
(443086, 34 Moscow highway, Samara, Russia)

Erilkin Aleksey Andreevich

student,
Samara National Research University
named after academic S. P. Korolev
(443086, 34 Moscow highway, Samara, Russia)

Abstract. Background. The difficult electronic modules used onboard the aviation and space-rocket industry are exposed to different environmental activities such as: vibration effects, thermal shocks, sharp differential pressures, humidity and to that similar. Owing to such influences often there are not stable defects in time like "short circuit" and "open pin". Which search and localization is in vitro impossible because time of existence of defect is connected to a deviation from reference conditions of operation. **Materials and methods.** The perspective direction in research of such processes in electronic modules is use of a method of the boundary scanning based on the IEEE 1149.1 standard allowing with the help programmatically – hardware, to check integrity of electrical communications on the printed circuit board, for read seconds. It is possible to apply the developed test applications for search and localization of defects together with accelerated tests of HALT/HASS. This technique allows in real time, in case of different environmental activities on electronic modules, to within a leg of a chip or under "ball" of the

возможно применять вместе с ускоренными испытаниями HALT/HASS. Данная методика позволяет в реальном времени, при различного рода воздействий окружающей среды на электронные модули, с точностью до ноги микросхемы или под «шариком» корпуса BGA локализовать дефект. *Результаты.* Предложенная методика моделирования позволила определить частоты на которых проявляются дефект типа «короткое замыкание». Так же рассчитана эффективность поиска «мерцающих дефектов» в зависимости от частоты вибро – воздействий на микросхемы в BGA корпусе. *Выводы.* Вибрационные воздействия оказывают существенное влияние на работу любой электронной аппаратуры. Актуальным является изучение зависимости возникновения дефектов не только от вибраций, но и от любых других воздействий окружающей среды. Это позволит решить проблему отказа аппаратуры на борту авиационной и ракетно – космической промышленности.

Ключевые слова: вибровоздействия, дефект, JTAG-интерфейс, ProVision, эффективность.

BGA casing to localize defect. *Results.* The offered technique of simulation allowed to determine frequencies at which are shown defect like "short circuit". Efficiency of search of "flickering defects" depending on frequency vibration impacts on chips in the BGA casing is also calculated. *Conclusions.* Vibrational influences have significant effect on operation of any electronic equipment. The study of dependence of appearance of defects not only from vibrations, but also from any other environmental activities is actual. It will allow to solve an equipment failure problem onboard aviation and is rocket – the space industry.

Key words: vibration, defect, JTAG interface, security, ProVision, efficiency.

УДК 681.518.5

Гречишников, В. М.

Локализация мерцающего дефекта типа «короткое замыкание» при вибрационных воздействиях на микросхемы в BGA корпусе / В. М. Гречишников, А. Д. Бутько, А. А. Ерилкин // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 3 (15). – С. 61–66. DOI 10.21685/2307-4205-2016-3-10.