

# Прецизионный контроль печатных плат. Что это?

**В последние годы несколько изменилось отношение к качеству контроля печатных плат. Широкая интеграция элементной базы, применение микропроцессоров, а также активное развитие космонавтики и военных технологий — все это способствовало ужесточению требований к изготовлению печатных плат и средствам их контроля.**

**Сергей Карпов**

info@smdlab.ru

Получившие широкое распространение системы функционального контроля печатных плат определяют соответствие или несоответствие монтажных соединений заданной электрической схеме, при этом выявляют короткие замыкания на уровне десятков килоом и обрывы на уровне несколько сотен Ом.

Более дорогие системы параметрического контроля определяют соответствие или несоответствие параметров монтажа установленным для них требованиям, то есть обеспечивают проведение контроля сопротивлений печатных проводников на уровне от 1 Ом и контроля сопротивления изоляции цепей на уровне 100 МОм испытательным напряжением 250 В.

Системы функционального и параметрического контроля не отвечают всем требованиям проведения тестирования.

Появилась необходимость в средствах прецизионного контроля, обладающих высокой достоверностью тестирования печатных плат, а именно возможностью выявления ослабленных мест, перетравов, микротрещин в проводниках и переходных отверстиях, а также возможностью контроля сопротивления изо-

ляции цепей на высоком уровне (100 МОм и более) низким испытательным напряжением (10 В).

Технические возможности различных категорий систем контроля печатных плат приведены в таблице.

Средства прецизионного контроля печатных плат конструктивно подразделяются на оборудование с подвижными пробниками и оборудование с контактными полями («ложе гвоздей»).

Для выбора оборудования электрического тестирования необходимо руководствоваться следующими факторами:

- требуемая производительность оборудования;
- количество выпускаемых плат;
- класс сложности платы;
- срок изготовления.

Для оборудования с подвижными пробниками характерно короткое время переналадки, что делает его наиболее приемлемым для единичного и мелкосерийного производства с большой номенклатурой плат. Наиболее широкое распространение в России получили установки с высокоточным прибором для контроля низкоомных сопротивлений ELX6146 (рис. 1) фирмы MicroCraft (Япония).

**Таблица.** Технические возможности систем контроля печатных плат

Тип выявляемого дефекта	Системы функционального контроля	Системы параметрического контроля	Системы прецизионного контроля
Обрывы	+	+	+
Короткие замыкания	+	+	+
Микротрещины в переходных отверстиях	-	-	100%
Перетравы проводников	-	-	100%
Микротрещины и ослабленные места проводников	-	≈2% дефектов (выявляются дефекты сопротивлением более 2 Ом)	≈70% дефектов (выявляются дефекты, уровни сопротивлений которых превышают 100%-ную величину эталонных сопротивлений проводников)
Уровень изоляции меньше 100 МОм	-	100% испытательным напряжением 250 В	100% испытательным напряжением 10 В
Уровень изоляции меньше 500 МОм	-	-	100% испытательным напряжением 10 В



**Рис. 1.** Установка с высокоточным прибором для контроля низкоомных сопротивлений ELX6146



Рис. 2. Применение двузондовых пробников

Главным достоинством системы ELX6146 является применение в ней двузондовых пробников (рис. 2), позволяющих контролировать металлизированные отверстия и печатные проводники на уровне от долей миллиом.

Применение оптической системы Probe Offset (смещение пробников) позволяет значительно сократить время ручной переверки за счет исключения из числа выявленных дефектов ошибок, вызванных плохим контактированием (лаковые затекания, смещение контактных площадок, грязь, вмятины и т. д.): в случае распознавания ошибки OPEN (обрыв) на плате на экране появляется изображение тестовой площадки цепи, вызвавшей ошибку, после чего, используя кнопки направленной движимости на панели тестера, оператор может перенести точку контактирования пробника в требуемое место. Слабым местом ПО данной системы можно считать отсутствие расчета эталонных значений сопротивлений тестируемых участков по данным САД, особенно в случаях единичного производства печатных плат. Система обеспечивает формирование эталонной таблицы сопротивлений и переходных отверстий с предварительно проверенных эталонных плат. Что касается производительности тестеров с «летающими пробниками», то она недостаточна для больших объемов производства, особенно в режиме прецизионного контроля печатных проводников и металлизированных отверстий, когда скорость тестирования цепей падает в несколько раз. Общее время контроля в этом случае значительно увеличивается, например с 8 до 40 минут. Тем не менее, система ELX6146 является одним из лучших представителей тестеров с «летающими пробниками» и обеспечивает достоверный контроль плат любой сложности.

На данный момент среди систем прецизионного тестирования с двусторонними контактными полями единственным представителем данного класса является автоматизированная система прецизионного контроля печатных плат (АСПК ПП), разработанная специалистами ОАО «Завод «Красное знамя»» и находящаяся в постоянной эксплуатации с 2000 года.

В АСПК ПП был применен многоизмерительный принцип построения системы с использованием аналоговых ключей в качестве

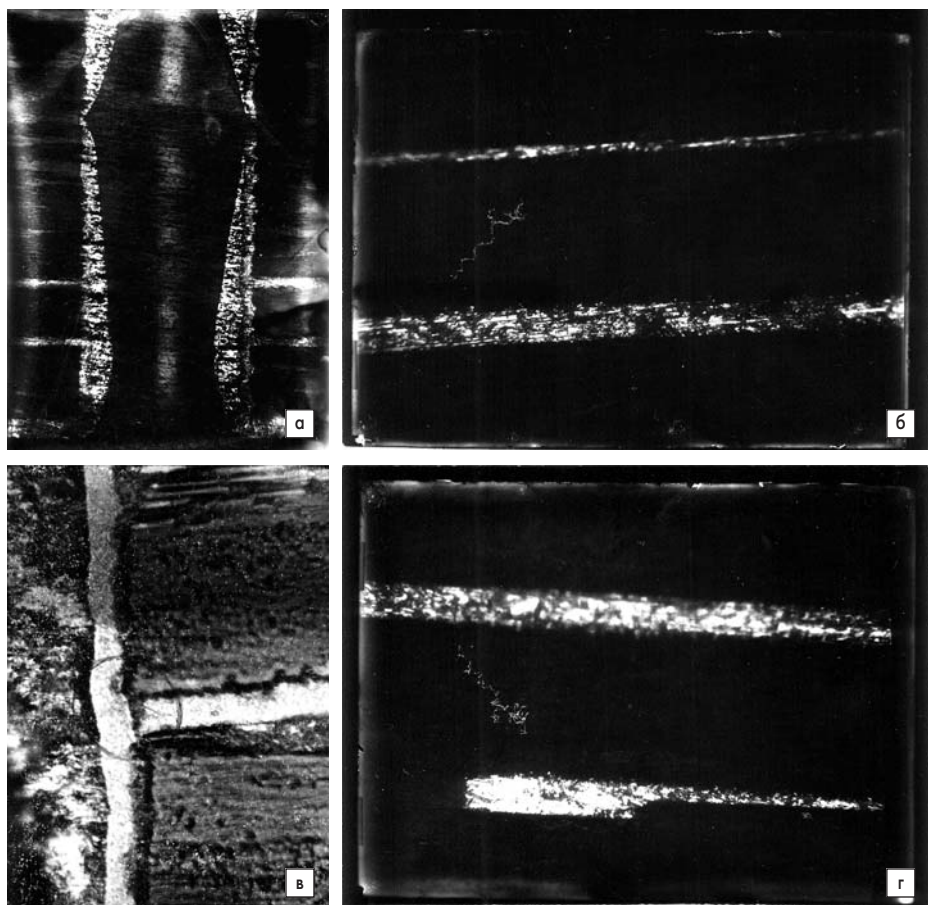


Рис. 3. Дефекты печатных плат: а) микротрещины в отверстиях; б) перетрав слоя; в) ослабленные соединения; г) превышение допустимого уровня сопротивлений печатных проводников

коммутационных элементов, а также использован уникальный способ контроля сопротивлений печатных проводников многослойных печатных плат, являющийся следующей ступенью развития известного во всем мире метода измерения сопротивлений — метода Кельвина применительно к модульной структуре подключения к контролируемой плате. Каждый измерительно-коммутационный модуль (ИКМ) содержит 16-разрядное АЦП интегрирующего типа и блок аналогового коммутатора, обеспечивающего коммутацию по 126 точкам подключения с каждой стороны тестируемой платы. Одновременная работа нескольких десятков измерителей ИКМ обеспечила значительное сокращение времени тестирования печатной платы. Применение в ИКМ компенсационных методов работы измерителей явилось главным фактором повышения технических характеристик системы, что позволило выявлять в контролируемых платах помимо обрывов и коротких замыканий такие дефекты, как микротрещины в отверстиях (рис. 3а), имеющих величину сопротивления более 1 МОм, перетрав слоя в МПП (рис. 3б), ослабленные соединения (рис. 3в), а также превышение допустимого уровня (установленного в процентном отношении к эталонным значениям) сопротивлений печатных проводников тестируемой платы (рис. 3г), и что особенно важно — позволило обнаруживать на слоях ослабленные соединения металлизированных отверстий с размещенными на них сетками питания. Измерения сопротив-

лений соединений печатных плат производятся с использованием четырехзондового метода подключения, который исключает влияние величин сопротивлений коммутационных элементов, подводящих проводов, контактов и переходных сопротивлений на результат измерений. С этой же целью используется двустороннее контактное устройство. Кроме того, на данный момент АСПК ПП является пока уникальной системой, осуществляющей контроль изоляции на уровне от 100 до 500 МОм цепей печатных плат с высокой плотностью топологии низкоуровневым испытательным напряжением (10 В). В отличие от систем с подвижными пробниками, обеспечивающих контроль близлежащих цепей, АСПК ПП обеспечивает 100%-ный контроль изоляции всех цепей. Все это позволило не только обеспечить качественный контроль печатных плат, но и улучшить техпроцесс изготовления печатных плат.

В АСПК ПП применено двустороннее универсальное контактное устройство со сменными адаптерами под конкретные типы плат (рис. 4), обеспечивающее возможность тестирования МПП с нерегулярным размещением контактных площадок любой плотности.

Конструкция двустороннего универсального контактного устройства представляет собой базовое контактное устройство со сменными адаптерами (рис. 5).

В качестве контактных элементов применяются импортные пробники фирмы Ingun (Германия) с зондами разного типа в зависимости





Рис. 4. Контактное устройство со сменными адаптерами под конкретные типы плат



Рис. 6. Базовое контактное устройство

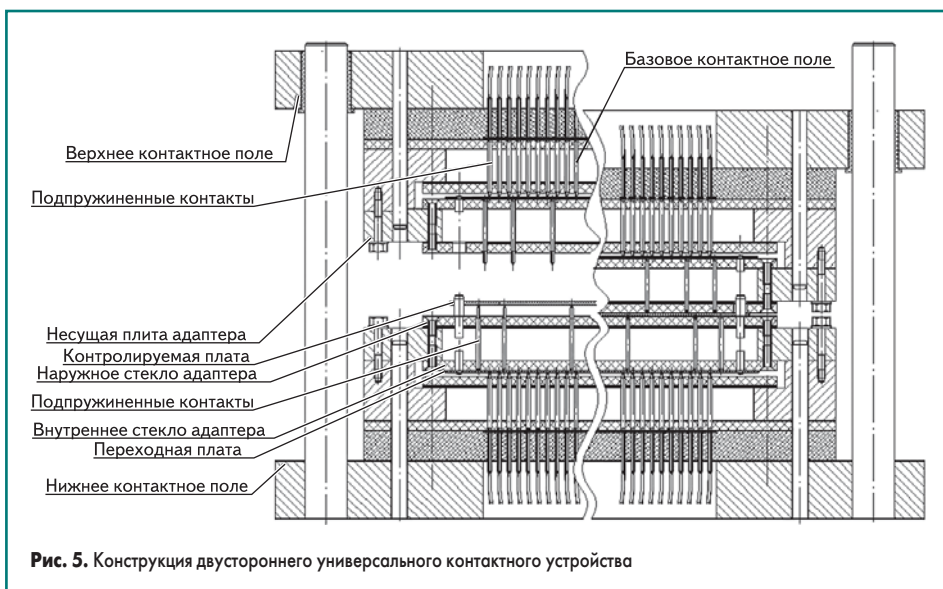


Рис. 5. Конструкция двустороннего универсального контактного устройства

от плотности размещения контактных площадок с минимальным шагом установки 0,5 мм.

Базовое контактное устройство (рис. 6) состоит из неподвижного нижнего контактного поля, подвижного верхнего контактного поля и ручного привода перемещения верхнего поля.

Сменный адаптер (верхний и нижний при двустороннем подключении к плате) состоит из несущей плиты, на которой закреплены две направляющие панели (два стекла) с отверстиями для установки в них контактных элементов таким образом, чтобы они располагались соосно точкам подключения к контролируемой печатной плате, и платы сопряжения (рис. 7).

Тип контактных элементов («иголок») выбирается в зависимости от плотности размещения контактных площадок, при установке они опираются на печатную плату сопряжения, которая транслирует произвольный шаг контрольных точек в регулярный шаг 2,5 мм базового контактного поля. При установке адаптера к этим расположенным регулярно площадкам подключаются контакты базового контактного устройства (неизменная часть). Применение переходных плат в адаптере дает

возможность контролировать печатные платы с размерами, превышающими размеры базового контактного поля, а также эффективно

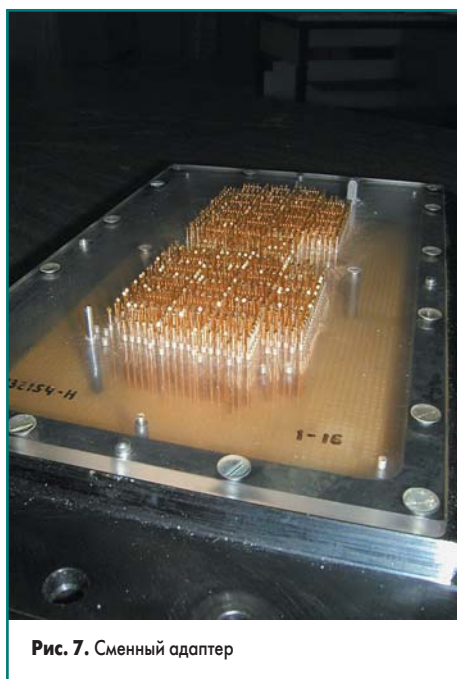


Рис. 7. Сменный адаптер

использовать контактные элементы базового поля. Конструкция адаптера позволяет исключить давление на плату сопряжения подпружиненных контактов, не используемых при тестировании, и тем самым снизить прогиб направляющих панелей с установленными в них подпружиненными контактами относительно рамки адаптера путем введения на плате сопряжения в местах, свободных от печатных проводников, а также на прилегающей к ней направляющей панели холостых отверстий с диаметром, превышающим диаметр соответственно подходящих к ним наконечников подпружиненных контактов контактной матрицы. При смене типа платы в контактном устройстве меняются адаптеры (время смены не более 5 мин), которые собираются заранее и хранятся весь период производства данного типа плат (рис. 8).

С целью эффективного использования контактов конструкция адаптера позволяет при необходимости оперативно переустанавливать контактные элементы с одного адаптера на другой. Для снижения стоимости адаптеров предусмотрена быстрая замена стекол на несущей плите редко используемых адаптеров (время смены не более 30 мин). Такое построение контактного устройства обеспечивает возможность контроля МПП с нерегулярным размещением контактных площадок, а также позволяет значительно уменьшить количество коммутируемых каналов системы контроля и, соответственно, удешевить ее, а также снизить стоимость изготовления адаптеров.

Для контактного устройства был разработан комплекс ПО, обеспечивающий автоматизированную разработку КД на адаптер или доработку уже изготовленного адаптера при модернизации контролируемой платы, а также подготовку тестовых программ для проведения контроля, используя для этого данные PCAD 17-й версии на контролируемую плату. ПО позволяет разрабатывать КД на универсальный адаптер для контроля на нем мультипликативных плат (рис. 9) или нескольких типов плат.

Главной особенностью ПО является наличие уникальной программы расчета эталон-



Рис. 8. Смена адаптера



Рис. 9. Мультипликативная плата

ных значений печатных проводников с учетом толщины используемой в печатной плате медной фольги, что повышает достоверность контроля печатных плат.

Подготовка программного обеспечения для контроля печатных плат и разработка КД на адаптеры контактного устройства осуществляются на станции подготовки данных.

В процессе контроля печатных плат вводится и отображается на экране монитора следующая информация:

- тип платы;
- уровень контроля изоляции;
- уровень разбраковки по превышению сопротивлений печатных проводников относительно соответствующих эталонных значений (в процентах);
- уровень разбраковки по сопротивлению переходных отверстий (0,5–5 мОм с дискретностью установки 0,1 мОм);
- порядковый номер платы.

Поиск выявленных дефектов на контролируемой плате осуществляется при помощи ремонтной станции, включающей в себя ПК и пакет программ, обеспечивающих отображение на экране монитора выявленных дефектов на топологии печатной платы (рис. 10), а также вывод на печать дефектных участков.

Слабыми местами данной системы можно считать невысокую надежность подключения пробников верхнего адаптера к контактным площадкам с минимальным шагом установки 0,5 и 0,625 мм и ограничение количества точек подключения тестируемой платы количеством контактных элементов базового контактного поля.

Использование АСПК ПП наиболее эффективно при серийном и мелкосерийном производстве печатных плат, особенно МПП. Время тестирования зависит от количества цепей и может составлять от 20 до 40 с (для сравнения — время тестирования на системе с подвижными пробниками может составлять от 20 до 40 мин).

Для снижения времени тестирования и повышения достоверности контроля многослойных печатных плат с высокой плотнос-

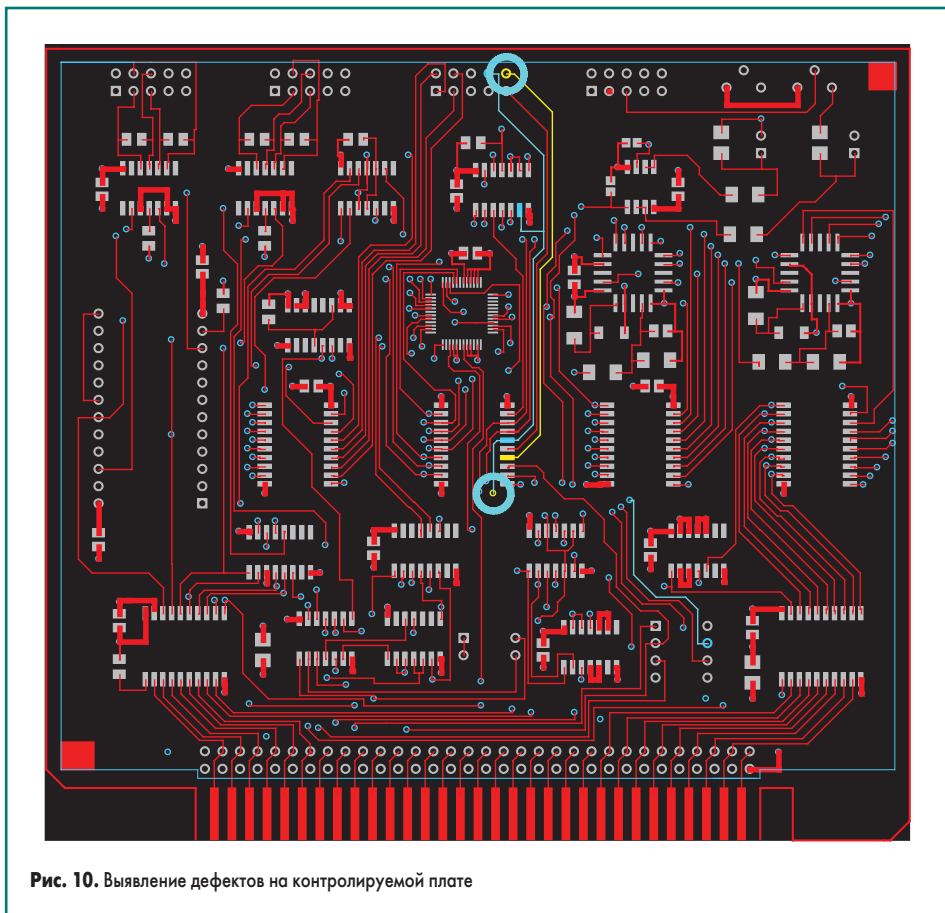


Рис. 10. Выявление дефектов на контролируемой плате

тью топологии возможно применение комбинированного процесса контроля, суть которого заключается в максимальном использовании преимуществ систем с подвижными пробниками и систем с контактными полями путем разделения процесса тестирования на два этапа:

- 1-й этап — контроль наружных слоев МПП на системе с подвижными пробниками;
- 2-й этап — прецизионный контроль внутренних слоев МПП на системе с контактными полями.

При выборе оборудования особо следует обратить внимание на необходимость ежегодного приобретения новых контактных зондов, на их стоимость и долговечность (количество

подключений), то есть на стоимость технического обслуживания тестеров в течение года с учетом их загруженности. Необходимо также учитывать возможную долю ручных работ в общем объеме работ по проведению контроля, в том числе объемы подготовительных операций и ручных перепроверок после проведения электрического контроля печатных плат.

Системы прецизионного контроля печатных плат могут стать дополнительным инструментом в руках технологов. Сбор и обработка полученных результатов тестирования печатных плат на системах прецизионного контроля позволяют оказывать влияние на техпроцесс изготовления печатных плат с целью его совершенствования.