

Оптимизация тестовой стратегии при производстве цифровой техники

Алексей ИВАНОВ
alexey@jtag.com

На протяжении долгого времени изделия в электронной промышленности испытывались путем проверки их функционирования и основных электрических параметров. Эта стратегия широко используется и сейчас, практически никак не развиваясь, так как проверка качества и работоспособности изделий проводится по одному и тому же принципу: работает / не работает. Более того, эффективность такого рода тестирования с каждым годом падает, а сложность осуществления и трудозатраты растут.

Сегодня существует довольно большой выбор автоматических тестовых методов, позволяющих создавать тесты автоматически для любого типа изделия вне зависимости от его основных функций и проводить диагностику дефектов монтажа на уровне компонентов и отдельных цепей. Тем не менее автоматический (или структурный тест) часто воспринимается либо как некое «дополнение» к функциональным проверкам, составляющим основную часть КД, либо вообще как «игрушка», которая облегчает жизнь. При этом мало кто задумывается над тем, что комбинация функционального тестирования с одним из автоматических методов, а в некоторых случаях и полное его исключение, позволяет сократить огромные затраты предприятия на многих стадиях производства. Кроме того, грамотное построение тестовой стратегии значительно уменьшает производственный цикл.

Функциональное тестирование

Как уже сказано ранее, функциональное тестирование подразумевает подачу питания на плату или более сложное изделие и проведение ряда проверок, призванных косвенно определить отсутствие дефектов и ошибок сборки. Способов осуществить такие проверки существует много — в основном это какая-либо индикация, которая может быть как визуально, так и программно контролируемой. В последнем случае создается специальное программное обеспечение, чаще всего под несколько различных линеек выпускаемых изделий. Практика показывает, что в некоторых случаях количество разных оболочек, программ доходит до сотен, появляются различные «недокументированные» средства проверок. Последняя

за увеличением сложности изделий, разработчики упорно создают все новые версии функциональных тестов, новые интерфейсы и технологическое аппаратное ПО. Однако стоит ли так упорствовать? Насколько это облегчает жизнь тем, кто занимается диагностикой неисправных изделий? Чаще всего — ненамного или вообще никак не помогает, ведь функциональный тест по определению не может указать ремонтнику, где находится разорванная цепь или непропаянный резистор. И самое опасное в данной ситуации — это отсутствие диалога между разработчиками и производством, когда и те, и другие продолжают слепо выполнять свои обязанности.

Приведем пример. Для того чтобы запустить встроенную программу самоконтроля на сложном электронном модуле, необходимо сначала прошить ее в ПЗУ этого модуля. И каким бы всеобъемлющим не был этот самоконтроль, он будет бесполезен, если по каким-то причинам невозможно его поместить во флэш-память на плате. Поиск неисправности будет производиться вручную при помощи мультиметров и осциллографов и может занять довольно большое время. Оправдываются ли в таком случае трудозатраты на создание такого функционального теста? Скорее всего — нет, так как процесс диагностики невозможен без ручных операций поиска неисправностей.

Однако все это не означает, что необходимо полностью отказаться от функционального тестирования. Просто при грамотной комбинации тестовых методов его можно унифицировать и упростить, а в каких-то случаях отказаться от него вообще.

Вот некоторые характеристики функционального тестирования, которые негативно влияют на систему качества предприятия:

- не ориентировано на поиск дефектов;
- отсутствие универсальности;
- отсутствие точной диагностики.

Исходя из вышеперечисленного, использование в современных условиях функционального теста как основного приводит к многократному ремонту изделий (так как дефекты часто обнаруживаются на разных стадиях проверок). В итоге довольно большая часть продукции бракуется, причем часто после огромного количества усилий по диагностике причин неисправности на более ранних стадиях. Производство, в свою очередь, вынуждено запускать добавочные партии изделий, а это — дополнительные и часто непредусмотренные затраты.

Для того чтобы ремонтировать остальные изделия, которые доходят в конце концов до заказчика, приходится содержать большой штат персонала и такое количество измерительного оборудования, стоимость которого только в одном из отделов зачастую превышает стоимость установки автоматического тестирования, которая может выполнять универсальные задачи. В особенности если речь идет о таком относительно недорогом методе, как периферийное сканирование JTAG.

Сегодня многие говорят о том, что единственный путь для развития отечественной электроники — это инновационная продукция и поиск новых внешних рынков сбыта, особенно в условиях современной экономической ситуации. Но инновации не должны «убиваться» из-за неотлаженного процесса производства. Причем оптимальную тестовую стратегию необходимо закладывать в изделие еще на этапе технического задания, не говоря уже о конструкторской документации.

Структурное тестирование

Структурное тестирование — это путь, по которому пошли западные (и, как следствие, азиатские) производители электроники несколько десятилетий назад. Это естественный путь, который позволил сконцентрировать все усилия на разработке инновационной продукции, а не на «бесконечном» процессе производства и борьбе с производственными дефектами силами всех доступных подразделений. Цель стратегии структурного тестирования — минимизировать трудозатраты, капиталовложения в новое оборудование и время производства, сделав его легким и органичным процессом. Это позволит в итоге выпускать новый продукт каждые несколько месяцев и, соответственно, занять лидирующие позиции на рынке.

Структурное тестирование полностью или частично не зависит от функций, которые должно выполнять конечное изделие. В отличие от функционального, оно направлено именно на выявление конкретных производственных дефектов и их локализацию. Для реализации структурного теста используется автоматическое оборудование, ведь только оно способно производить тотальную проверку всех цепей, компонентов и их выводов на плате. При этом оператор таких установок не должен обладать квалификацией разработчика, для того чтобы распечатать полный список неисправностей с указанием цепей, выводов и типов дефектов. Пионером среди методов структурного тестирования стал внутрисхемный тест при помощи адаптера с полем контактов, который используется и сейчас при производстве несложной аналоговой техники.

Если говорить об электрическом структурном тестировании, то на производстве довольно часто можно встретить комбинацию различных методов. К примеру, для проверки аналоговой части используется внутрисхемный тестер, а для цифровой — периферийное сканирование. Причем существуют варианты их совмещения (интеграции в одну тестовую станцию). Точно так же можно совмещать функциональное тестирование со структурным.

Выбор тестовой стратегии

Совершенно очевидно, что для оптимизации производственного процесса необходимо использовать функциональное тестирование только там, где это необходимо. Например, при приемо-сдаточных испытаниях часто требуется проверка работы изделия в соответствии с техническими условиями или при работе в определенных условиях окружающей среды. Кроме того, возможны операции, которые необходимы для проверки ВЧ-параметров аналоговой части изделия. Но для проверки целостности цепей и компонентов цифровой части, содержащей процес-

Таблица. Виды структурного тестирования

| Визуальные методы | | Электрическое тестирование | | |
|---|--|---|---|---|
| | | Внутрисхемный тест | | Внутрисистемный тест |
| Автоматическая визуальная инспекция (АОИ) | Автоматическая рентгеновская инспекция | Установки адаптерного типа («ложе гвоздей») | Установки с «летающими» щупами (flying probe) | Периферийное сканирование по стандарту JTAG IEEE 1149.1 |

соры, ПЛИС, память и т. п., необходимо использование автоматических универсальных методов, таких как периферийное сканирование. Для совмещения проверки цифровой и аналоговой части можно также использовать интегрированные решения от National Instruments и JTAG Technologies, что позволит выполнять все операции тестирования в рамках одного рабочего места (рис. 1).



Рис. 1. Интеграция контроллера периферийного сканирования в тестовое оборудование от National Instruments

Выбор оптимальной комбинации тестовых методов для максимального сокращения издержек и трудозатрат зависит, конечно же, от многих факторов. Например, для производства и тестирования полностью аналоговой электроники возможно лишь использование внутрисхемного теста. А вы-

бор его типа (поле контактов или «летающие» щупы) зависит от объемов производства и номенклатуры изделий. Изготовление адаптера с полем контактов — процесс трудоемкий и затратный, поэтому необходимо быть уверенным, что тестируемое изделие будет массовым и не подлежит дальнейшей переработке в части топологии. При производстве цифровой техники рекомендуется использование периферийного сканирования как наиболее бюджетного, простого и неприхотливого метода, причем в некоторых случаях в комбинации с другими тестовыми методами. Следует отметить, что большинство производителей внутрисхемных тестеров предусматривают интеграцию в свои установки периферийного сканирования. На рис. 2 показана интеграция JTAG-тестирования в установку SPEA 3030.

Тестирование изделий цифровой техники

Наиболее оптимальным тестовым методом для структурного тестирования цифровой техники является периферийное сканирование по стандарту IEEE 1149.1 JTAG. И не только потому, что он является самым дешевым из вышеперечисленных методов, позволяя значительно сэкономить на дорогом измерительном оборудовании и квалифицированной рабочей силе. Существует ряд других причин, заслуживающих внимания.

Дело в том, что периферийное сканирование, в отличие от других методов, может при-



Рис. 2. Интеграция периферийного сканирования JTAG в установку внутрисхемного теста SPEA 3030 (справа установлен JTAG-контроллер, имеющий интерфейс с тестером)

меняться на всех этапах жизненного цикла изделия — начиная от разработки и заканчивая серийным производством и сервисным обслуживанием. Не требуя специализированной оснастки, этот метод хорошо прижился не только на серийном производстве, но и в разрабатывающих подразделениях. Для тестирования требуется только один или несколько разъемов JTAG-интерфейса, которые могут располагаться на плате в любом месте, и для того чтобы начать создавать тесты периферийного сканирования, необязательно даже иметь «живую» плату. Достаточно использовать схемотику и модели компонентов. Кроме того, пользуясь теми же самыми инструментами, что и для создания тестов, разработчик может рассчитать тестовое покрытие своего изделия и заранее внести необходимые изменения. Получив готовый прототип с опытной сборки, можно его сразу же досконально протестировать, при этом совершенно четко отделив дефекты монтажа от ошибок самой разработки, так как тесты базируются на текущей схемотике и жестко к ней привязаны. То есть в процессе разработки отпадает такая традиционная составляющая, как «оживление» неработающих образцов. В дальнейшем тесты периферийного сканирования могут использоваться на производстве и даже при сервисе.

Перечислим основные преимущества внедрения периферийного сканирования в сравнении с функциональным тестированием для проверки цифровых изделий:

- Сокращение времени разработки изделий за счет быстрой отладки опытных образцов. Кроме того, разработчики перестают заниматься ремонтом серийных изделий и создавать сложные программы для функционального тестирования.
- Сокращение инвестиций в дорогостоящее оборудование для проверки и ремонта сложной цифровой техники во всех подразделениях за счет точной диагностики дефектов и их локализации.
- Сокращение трудозатрат, как на разработку, так и на производственную проверку изделий, за счет того, что дефекты обнаруживаются на самых ранних стадиях, что позволяет избежать постоянной циркуляции плат между отделами тестирования и монтажниками, исправляющими неисправности, «всплывающие», как правило, на разных этапах функционального тестирования (рис. 3).
- Сокращение рабочих мест за счет одновременного тестирования, диагностики, локализации дефектов и программирования ПЛИС и флэш-памяти в рамках одной станции периферийного сканирования. Все эти приложения обычно запускаются в последовательности в одной и той же программной оболочке.
- Уменьшение и упрощение сервисного обслуживания. Сокращение количества рекламаций от заказчиков продукции.

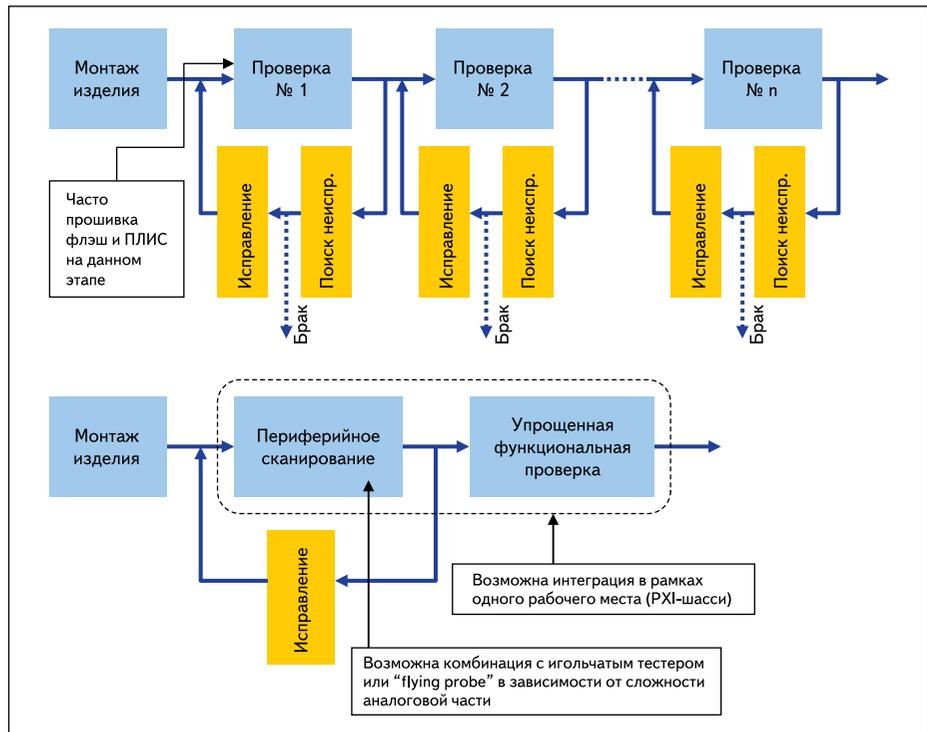


Рис. 3. Упрощение логистики изделия и сокращение технологических операций при использовании периферийного сканирования для тестирования сложной цифровой техники

Как видно на рис. 3, оптимизация тестовой стратегии — это не только экономия времени, но и значительное сокращение многих других ресурсов, таких как трудозатраты и оборудование. Данная схема применима (с некоторыми изменениями) не только к производственному тестированию, но и к тестированию прототипов. В частности, при разработке могут отсутствовать интегрированные решения JTAG с внутрисхемными тестерами. Тем не менее технология позволяет использовать ее для

тестирования на всем предприятии, благодаря своей гибкости и простоте.

На рис. 4 показано усредненное снижение затрат на всех этапах жизненного цикла выпускаемого изделия при установлении единой тестовой стратегии во всех подразделениях. При производстве цифровой техники такой стратегией может являться периферийное сканирование, как отдельно, так и в комбинации с другими тестовыми методами, которые возможно дополнительно использовать в серийном производстве. ■

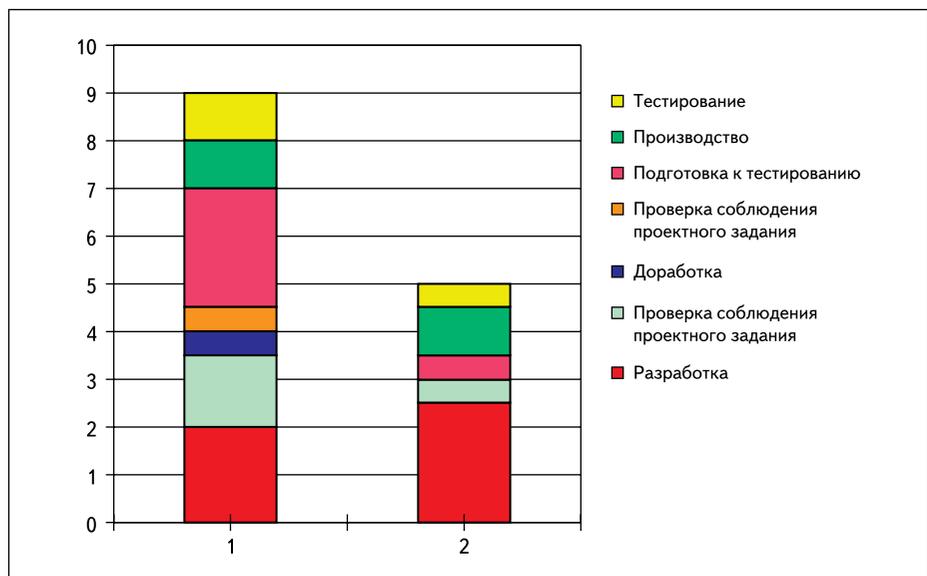


Рис. 4. Различия в затратах при разработке и производстве изделий при бессистемном подходе к тестированию (А) и единой тестовой стратегии на всем предприятии (В)