

Ами ГОРОДЕЦКИЙ, к. т. н. (JTAG.TEST)
amigo@jtag-test.ru

Дистанционное JTAG-тестирование

Тестирование с применением технологий JTAG проводится, как правило, исключительно на тестовых стендах, предполагающих размещение JTAG-контроллера и управляющего компьютера с соответствующим программным обеспечением недалеко от тестируемых узлов.

Такой подход продолжает оставаться общепринятым для всех JTAG-платформ, хотя в рамках каждой из них (Asset, Flynn, Corelis, JTAG Tech, XJTAG, Intellitech, Goepel) используются разнообразные методики, позволяющие удалить контроллер и/или компьютер от тестируемого узла на то или иное, как правило, не слишком значительное расстояние. Необходимость в таком дистанционном JTAG-тестировании, без прямого контакта тестируемого узла и тест-оператора, обуславливается целым рядом причин, среди которых можно назвать следующие.

Прежде всего — это необходимость в проведении реконфигурирования предварительно запрограммированных ПЛИМ, FPGA или флэш-памяти непосредственно на объекте по каналам JTAG с целью модификации версий встроенного программного обеспечения, когда непосредственный доступ к плате или узлу затруднен или невозможен из-за целого ряда причин: расстояния, ограниченной окружающей среды, логистики доступа и т. д. Наряду с сеансами связи, предназначенными для реконфигурации узлов и систем, дистанционный доступ применяется также для выполнения ограниченного JTAG-тестирования, как минимум — для сбора диагностической информации и/или телеметрии о техническом состоянии удаленного электронного узла.

В ряде схемотехнических решений для размещения разъемов, предназначенных для подключения кабелей JTAG, попросту может не оказаться места. Тестируемые платы могут, к примеру, размещаться внутри систем с ограниченным физическим доступом — в экранированных системах или в системах, размещаемых в труднодоступных местах и на значительном удалении от тестового оборудования. Хорошим примером такого рода систем являются спутниковые системы связи, оснащаемые беспроводными каналами коммуникации, так что интерфейсы одного или нескольких из них могут использоваться и для обеспечения дистанционного доступа

к цепям JTAG для мониторинга технического состояния и параметров.

Весьма распространено применение JTAG-тестирования при проведении испытаний изделий электроники на устойчивость при разнообразных условиях окружающей среды, например при тестировании HALT и HASS. Контроллер JTAG должен при этом находиться на некотором расстоянии от климатической камеры, зачастую даже без возможности его физического подключения к тестируемому объекту, а управляющий компьютер и монитор — на заметном удалении от камеры или совсем в другом помещении.

На ряде предприятий, занимающихся монтажом печатных плат и имеющих несколько производственных линий, оснащенных тестерами ICT [1], структуры JTAG-тестирования весьма просто и эффективно встраиваются в такие линии для повышения уровня тестового покрытия плат. В подобных случаях эффективно и экономически целесообразно запускать и вести прогон JTAG тест-программ от одного центрального стенда тестирования, который, в общем случае, удален от всех или некоторых тестеров ICT. Другой пример такого рода — это групповое JTAG-тестирование (так называемый gang test) нескольких одинаковых плат при их массовом производстве на ряде территориально разделенных линий монтажа. Синхронный запуск таких JTAG-тестов обычно выполняется с центрального стенда тестирования, который также оборудуется той или иной схемой мультиплексирования для удаленного сбора или мониторинга результатов тестирования.

Один из примеров такого подхода — технология TAP-Di фирмы JTAG.TEST [2] и разветвитель шины TAP (рис. 1), которые мы подробнее рассмотрим в нашей колонке в одном из будущих номеров журнала. Разветвитель TAP-Di позволяет конфигурировать как количество вторичных JTAG-цепочек, так и порядок их последовательного

включения. Разветвитель TAP-Di автоматически распознает наличие подключенных и запитанных вторичных JTAG-каналов TAP. Он дает возможность подключить их к первичному каналу TAP в любом желаемом наборе и последовательности и в любом сочетании напряжений питания TAP (3,3, 2,5, 1,8, 1,5 В и т. д.) каждого из вторичных каналов. Затем на них подается та или иная последовательность JTAG-тестов. Разветвитель TAP-Di применяется также для внутрисхемного конфигурирования ПЛИМ или FPGA, прожига флэш-памяти и выполнения любых JTAG-кластерных тестов на любой JTAG-платформе. К тому же TAP-Di обеспечивает выполнение группового режима JTAG-тестирования нескольких одинаковых плат или JTAG-цепочек, одновременно подключенных к нескольким (до 16) вторичным TAP-портам. Специальный режим работы разветвителя TAP-Di (Gang-F) обеспечивает групповой режим прожига нескольких одинаковых микросхем флэш-памяти, одновременно подключенных к нескольким вторичным TAP-портам. Такая структура тестового стенда существенно повышает производительность прожига микросхем флэш-памяти при массовом (средне- и крупносерийном) производстве плат. Если, к примеру, время прожига одной ИС флэш-памяти равно N секунд, то при подключении K одинаковых плат с ИС флэш-памяти к TAP-Di в режиме Gang-F пользователь может заметно сократить время прожига такой партии плат с $N \cdot K$ секунд до почти N секунд.

Кроме удобства и экономической целесообразности использования удаленных JTAG-контроллеров, следует также принимать во внимание затраты на их техническое обслуживание и поддержку. При нахождении таких контроллеров не вблизи объекта тестирования или не на нем, а в центре управления тестированием, такие затраты могут быть весьма существенно сокращены.

Удаление JTAG-контроллеров от объектов тестирования проще всего выполняет-

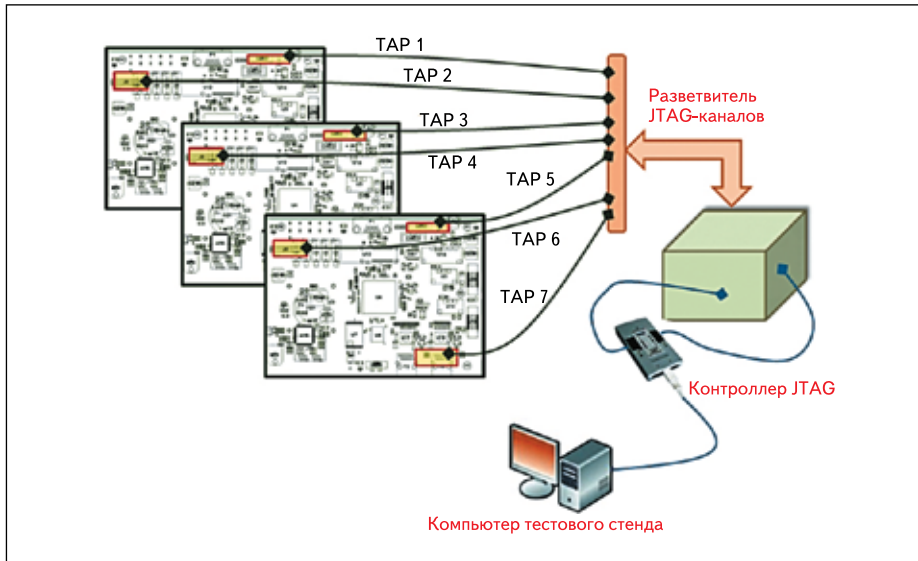


Рис. 1. Технология TAP-Di фирмы JTAG.ТЕСТ и разветвитель шины TAP

Программно-аппаратное обеспечение передатчика должно преобразовывать программу JTAG-тестирования в формат, пригодный для передачи в виде пакетов данных через тот или иной асинхронный канал связи. Это может быть формат передачи посредством WLAN, например, в стандарте IEEE 802.11, или формат передачи данных через обычный Интернет.

Во втором случае асинхронный канал передачи данных должен быть двунаправленным, то есть на стороне тестируемой платы или узла также должен быть размещен контроллер JTAG. Он должен быть либо подключен к компьютеру с соответствующим программным обеспечением, либо снабжен встроенными функциями поддержки протокола JTAG, которые обеспечивали бы как преобразование полученных данных в формат JTAG, так и обратное преобразование данных в цепях TDO в формат, пригодный для передачи на тестовый стенд через WLAN или Интернет. Существенными факторами применимости того или иного способа организации дистанционного JTAG-канала передачи данных являются простота, гибкость и, разумеется, стоимость встраивания приемопередатчиков в существующие или проектируемые системы.

Примеров действительно удачных практических реализаций дистанционного JTAG-тестирования не слишком много. Одним из них, по-видимому наиболее успешным, следует считать семейство дистанционных контроллеров (Remote Instrumentation Controller) RIC-1000 американской компании Asset, базирующихся на применении архитектуры «клиент-сервер». Система ScanWorks этой компании [1] поддерживает такие контроллеры и обеспечивает связь со сколь угодно удаленными объектами JTAG-тестирования (система, узел, плата) посредством сети Ethernet в протоколе TCP/IP или через Интернет. Применение контроллеров RIC-1000 позволяет управлять программами JTAG-тестирования и обеспечивать их

ся, конечно, при помощи длинных кабелей. Следует, однако, иметь в виду, что вследствие синхронного характера протокола JTAG длина таких кабелей имеет вполне определенные ограничения, связанные со значением частоты синхронизации ТСК. Как известно [1], все события в протоколе JTAG тесно привязаны к фронтам импульсов ТСК. Выборка данных в цепях TDI и TMS происходит по переднему фронту ТСК, а выборка данных в цепи TDO и передача их в JTAG-контроллер тестирования — по заднему фронту ТСК.

Это, в частности, означает, что допустимое время передачи данных с выхода TDO тестируемой платы до JTAG-контроллера не должно превышать полупериода частоты ТСК. Допустим, что применяемая частота ТСК при удаленном JTAG-тестировании равна 10 МГц, что представляет собой среднее значение для таких частот. Этой частоте импульсов ТСК соответствует период в 100 нс, то есть данные в цепи TDO (от последней микросхемы в JTAG-цепочке) должны передаваться в JTAG-контроллер не более чем за 50 нс. Если предположить, что стандартная задержка распространения сигнала в кабеле равна 5 нс на метр его длины, то применение кабеля длиной более 10 м становится проблематичным, что должно, безусловно, приниматься в расчет. Для преодоления ограничений, связанных с длиной кабеля, различными компаниями были предложены разнообразные методы, связанные с манипуляциями фазой и частотой ТСК, однако все они вносят массу дополнительных ограничений и могут использоваться лишь во вполне конкретных приложениях.

Решения для проводной передачи данных при удаленном JTAG-тестировании основаны на применении пакетных технологий передачи данных Ethernet, в частности, в стандарте IEEE 802.3, а также сетевых протоколов LAN, WAN или FireWire (стандарт IEEE 1394).

Применение тех или иных беспроводных средств передачи JTAG-данных, как это часто бывает, порождает новые проблемы построения интерфейсов связи. Кроме того, независимо от характера дистанционного протокола связи с цепями JTAG, проводного или беспроводного, необходимо располагать способом передачи пакетов информации, содержащих команды JTAG и необходимые данные. Такими данными могут быть, к примеру, файлы перепрограммирования или реконфигурации ПЛИМ, FPGA или флэш-памяти, передаваемые в удаленную систему, или результаты дистанционного JTAG-тестирования и телеметрии, передаваемые из тестируемой системы на удаленный приемник.

В первом из указанных случаев достаточно реализовать однонаправленный асинхронный протокол передачи данных, подключая порт TAP напрямую к преобразователю протокола JTAG, как показано на рис. 2, для беспроводных (а также сетевых) интерфейсов.

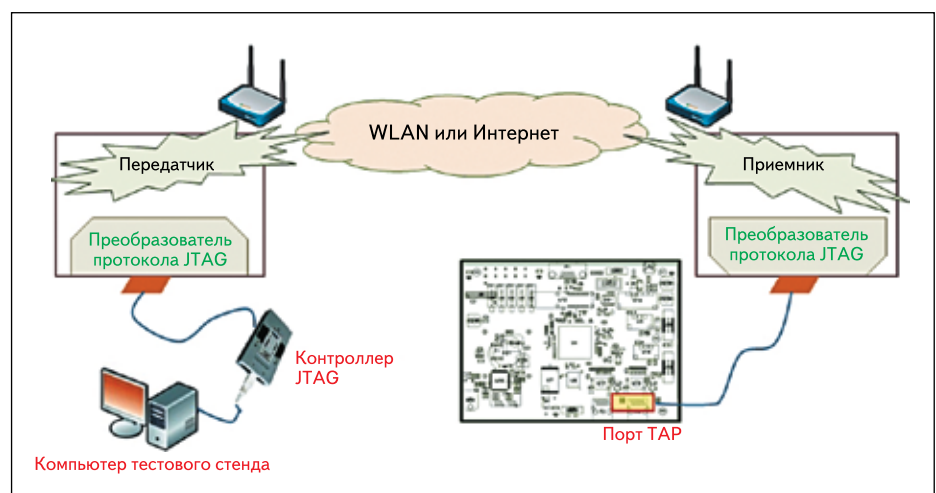


Рис. 2. Порт TAP, подключенный напрямую к преобразователю протокола JTAG

сопровождение в рамках «глобальной деревни» и при правильной сетевой организации является исключительно эффективным решением с экономической точки зрения.

Другой успешный пример дистанционного JTAG-тестирования — это аппаратура TapComm голландской компании JTAG Tech [1], выполненная по технологии TapSpacer и использующая в качестве интерфейса пе-

редачи данных гигабитный Ethernet в стандарте IEEE 802.3z в любых локальных сетях, а также стандартный Интернет. Эта система обеспечивает выполнение JTAG-тестов, в том числе групповых, внутрисхемную реконфигурацию ПЛИМ и FPGA и поддержку разнообразных операций в протоколе JTAG на произвольном удалении тестового стенда от объекта тестирования. Структура TapComm очень

напоминает схему, приведенную на рис. 2, и, по утверждению разработчиков, поддерживает не только цифровой JTAG-стандарт 1149.1, но и стандарты 1149.4 [1] и 1149.6 [1]. ■

Литература

1. www.JTAG-Test.ru/JTAGUniversity/basic.php
2. www.JTAG-Test.ru/SoftAndHard/TAP-Di.php