

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СТАНДАРТА AXIe – РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ TEST EVOLUTION

О.Казакевич, С.Зайченко, к.т.н., В.Егоров kazakevich@infctest.ru

Ряд производителей контрольно-измерительной аппаратуры выпускает приборы стандарта AXIe. Он был принят в 2010 году и основан на архитектуре AdvancedTCA (ATCA) с добавлением расширений для контрольно-измерительного оборудования и тестовых систем. Отсюда и его название (AXIe – ATCA Extensions for Instrumentation and Test). Один из ведущих производителей оборудования стандарта AXIe – компания Test Evolution. О продукции этой компании рассказывается в статье.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ TEST EVOLUTION

Автоматизированные измерительные системы компании Test Evolution являются системами последнего поколения стандарта AXIe и предназначены для функционального и параметрического контроля полупроводниковых приборов, интегральных микросхем (ИМС) и различных электронных модулей.

Исполнение систем компании Test Evolution варьируется от небольших настольных – AX518 и AX1018 (до 192 и 384 цифровых каналов ввода/вывода соответственно) до крупных – AX2820 (до 1248 каналов). Тестеры AX518 и AX1018 выполнены в виде одной измерительной стойки (рис.1), а AX2820 состоит из двух модулей: стойки электропитания с персональным компьютером (ПК) и подвижной измерительной головной части (тестовой головы) (рис.2). Специальный манипулятор позволяет вращать тестовую голову AX2820 в различных плоскостях и перемещать по высоте. Это дает возможность быстро менять платы тестируемых образцов и обеспечивать стыковку тестера с дополнительным оборудованием: автоматическими установками подачи микросхем и полупроводниковых пластин (для тестирования кристаллов

ИМС на пластинах), температурными испытательными системами.

В тестерах компании Test Evolution объединены модули двух стандартов: AXIe и PXI. Конструктивно измерительная часть – это два шасси (крейта), размещенные в одной стойке (рис.3). В системах AX518 интегрирован один пятислотовый крейт

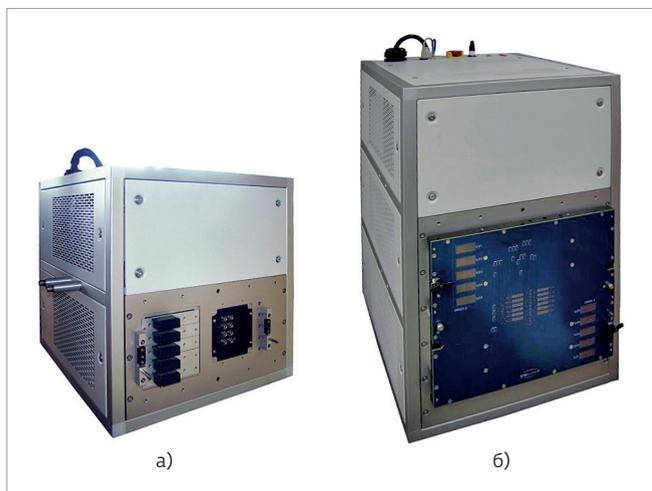


Рис.1. Системы Test Evolution: а) AX518; б) AX1018 (с установленной демонстрационной платой проверки ИМС)



Рис.2. Система Test Evolution AX2820: измерительная стойка и манипулятор (слева); стойка электропитания со встроенным компьютером (справа)

AXIe (вместимостью до пяти модулей) и один PXI-крейт на 18 слотов. В семействе AX1018 – два пяти-слотовых крейта AXIe и также один 18-слотовый PXI-крейт. Наиболее производительные системы AX2820 состоят из двух 14-слотовых шасси AXIe и одного 20-слотового PXI. Соответственно, существенно различаются габариты этих систем (табл.1).

Модули, установленные в крейт AXIe, используются для анализа цифровой части тестируемых устройств (ТУ). PXI-модули применяются для проверки высокочастотной аналоговой части приемопередатчиков и их внутренних узлов.

Рассмотрим основные компоненты измерительных систем компании Test Evolution.

AXIe-КРЕЙТ

AXIe-крейт содержит инструментальные модули собственной разработки компании Test Evolution: модули источников питания, модули цифрового ввода/вывода и системный модуль (один на крейт).

Модуль источников питания (DPS12) имеет 12 независимых каналов. В каждом из них максимальный ток составляет 0,5 А для диапазона напряжений 0–22 В и 1,2 А – для диапазона от –6 до 6 В. Можно также попарно объединять каналы для



Рис.3. Размещение крейтов в системе AX518: а) вид спереди-сбоку; б) вид сзади

увеличения тока в два раза (до 2,4 А). Точность установки напряжения равна 0,05%, разрешение – 0,38 мВ. Каждый канал DPS12 содержит блок параметрических измерений PMU (Parametric Measurement Unit), позволяющий контролировать напряжения и токи в канале. Погрешность измерения напряжения составляет ±(0,05% + 12,5 мВ), разрешение – 0,38 мВ. Параметры измерения тока зависят от его значения (табл.2).

В модулях ввода/вывода (DD48) (табл.3) присутствуют 48 каналов с максимальной скоростью передачи данных 400 Мбит/с. В каждом канале интегрированы следующие блоки:

- выходной трехуровневый драйвер логических сигналов;
- выходной трехуровневый драйвер повышенного напряжения (один на восемь каналов);
- двухуровневый компаратор;
- нагрузочный диодный мост;
- выходные цифроаналоговые преобразователи (ЦАП);

Таблица 1. Габариты тестовых систем

Размеры	AX518	AX1018	AX2820
Высота, мм	557	851	1000
Ширина, мм	546	546	591
Глубина, мм	650	650	431
Масса, кг *	68	91	82

* Незаполненной системы (без модульных приборов).



Рис.4. Переходный модуль системы AX518

Рис.5. Разъемы коммутационной панели системы AX518

- внутриканальный блок параметрических измерений PPMU (Per-pin Parametric Measurement Unit).

ЦАП совместно с PPMU обеспечивают выдачу заданных напряжений с одновременным измерением тока либо выдачу тока с измерением напряжения. Уровни напряжений V_{il} , V_{ih} , V_t (см. табл.3) встроенных драйверов программируются пользователем и задают нижний и верхний уровни напряжений при выдаче логических нуля и единицы, а также напряжение, устанавливаемое при терминировании канала передачи данных. Драйвер повышенного напряжения (один на восемь каналов) обеспечивает выдачу напряжения (V_{hh}) до 12 В и может использоваться, например, для программирования логики на пережигаемых перемычках. Величины V_{ol} и V_{oh} определяют нижний и верхний пороги срабатывания встроенного компаратора при детектировании логического нуля и единицы соответственно.

Шесть восьмиканальных генераторов тестовых последовательностей сигналов могут использовать все каналы модуля для передачи или приема

сигналов разной формы. Каждому генератору выделяются области в памяти для хранения передаваемых и принимаемых данных. В модуле DD48 реализованы также три канала сканирования для обмена с внутренними регистрами и ячейками памяти испытуемых устройств со скоростью 1 ГГц.

Для синхронизации работы установленных в крейте модулей и передачи информации в ПК используется системный AXIe-модуль CIF (Cage Interface board – интерфейсный модуль корзины) – один для каждого крейта.

Каналы ввода/вывода модулей DD48 и DPS12 в шасси AXIe выведены на разъем типа VHDM. Этот разъем подключается к объединительной плате, а с обратной стороны к ней подсоединяется переходный модуль (рис.4), который крепится к коммутационной панели (КП) (рис.5). Таким образом, переход от разъемов инструментального модуля к внешним разъемам на коммутационной панели выполнен в виде печатных плат. Это обеспечивает минимальную длину проводников и необходимое экранирование сигналов.

PXI-КРЕЙТ

Стандарт PXI (PCI eXtension for Instrumentation – расширение PCI для измерений) довольно прочно закрепился на рынке мобильных измерительных систем, и сегодня его номенклатура насчитывает более 1500 приборов и несколько десятков производителей (на 2013 год). Это предоставляет пользователям широкие возможности для построения специализированных систем обработки сигналов.

В системах Test Evolution крейт PXI развернут лицевой стороной к коммутационной панели, что позволяет минимизировать длину соединений выходных разъемов модулей PXI с разъемами КП, и в итоге – с ТУ. Крейт PXI требует

Таблица 2. Параметры измерения тока модуля DPS12

Диапазон	Разрешение	Погрешность
±1200 мА	36,6 мкА	±(0,25% + 2,4 мА)
±500 мА	15,3 мкА	±(0,25% + 1,0 мА)
±25 мА	0,76 мкА	±(0,1% + 50 мкА)
±2,5 мА	76 нА	±(0,1% + 5 мкА)
±250 мкА	7,6 нА	±(0,1% + 500 нА)
±25 мкА	0,76 нА	±(0,1% + 50 нА)

Таблица 3. Параметры интегрированных в DD48 блоков

Трехуровневый драйвер логических сигналов			
Уровень	Диапазон, В	Разрешение, мВ	Погрешность
V_{il}	-2,0...5,9	1	$\pm(0,2\% + 8 \text{ мВ})$
V_{ih}	-1,9...6,0	1	$\pm(0,2\% + 8 \text{ мВ})$
V_t	-2,0...6,0	1	$\pm(0,2\% + 10 \text{ мВ})$
Нагрузочная способность, мА (мин.)	± 75		
Выходной импеданс, Ом	50		
Трехуровневый драйвер повышенного напряжения (один на восемь каналов I/O)			
Уровень	Диапазон, В	Разрешение, мВ	Погрешность
V_{il}	0,0-5,9	1	$\pm(0,2\% + 12 \text{ мВ})$
V_{ih}	0,1-6,0	1	$\pm(0,2\% + 12 \text{ мВ})$
V_{hh}	5,9-12,0	2	$\pm(0,3\% + 20 \text{ мВ})$
Нагрузочная способность, мА (мин.)	± 60		
Выходной импеданс, Ом	11		
Компаратор			
Уровень	Диапазон, В	Разрешение, мВ	Погрешность
V_{ol}	-2,0...5,9	1	$\pm(0,2\% + 8 \text{ мВ})$
V_{oh}	-1,9...6,0	1	$\pm(0,2\% + 8 \text{ мВ})$
Внутриканальный блок параметрических измерений PPMU			
Уровень напряжений	Диапазон, В	Разрешение, мкВ	Погрешность
Установка	-2,0...6,0	160	$\pm(0,25\% + 3 \text{ мВ})$
Измерение	-2,0...6,0	160	$\pm(0,3\% + 3 \text{ мВ})$
Уровень токов (установка)	Диапазон	Разрешение	Погрешность
	$\pm 32 \text{ мА}$	1,6 мкА	$\pm(1,0\% + 80 \text{ мкА})$
	$\pm 2 \text{ мА}$	130 нА	$\pm(0,4\% + 5 \text{ мкА})$
	$\pm 200 \text{ мкА}$	13 нА	$\pm(0,4\% + 300 \text{ нА})$
	$\pm 20 \text{ мкА}$	1,3 нА	$\pm(0,4\% + 40 \text{ нА})$
Уровень токов (измерение)	Диапазон	Разрешение	Погрешность
	$\pm 32 \text{ мА}$	1,6 мкА	$\pm(0,8\% + 120 \text{ мкА})$
	$\pm 2 \text{ мА}$	130 нА	$\pm(0,3\% + 6 \text{ мкА})$
	$\pm 200 \text{ мкА}$	13 нА	$\pm(0,3\% + 500 \text{ нА})$
	$\pm 20 \text{ мкА}$	1,3 нА	$\pm(0,3\% + 60 \text{ нА})$
	$\pm 2 \text{ мкА}$	0,13 нА	$\pm(0,3\% + 40 \text{ нА})$

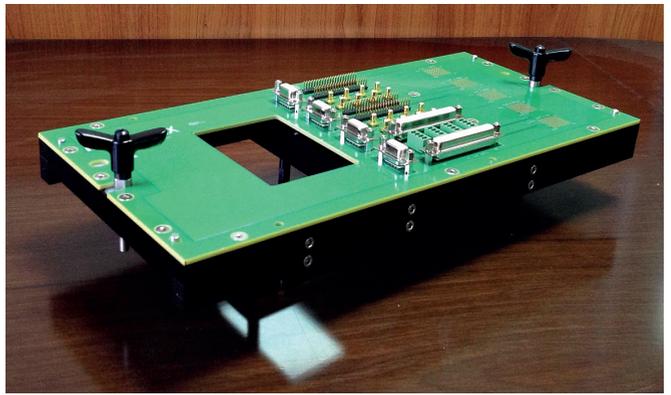
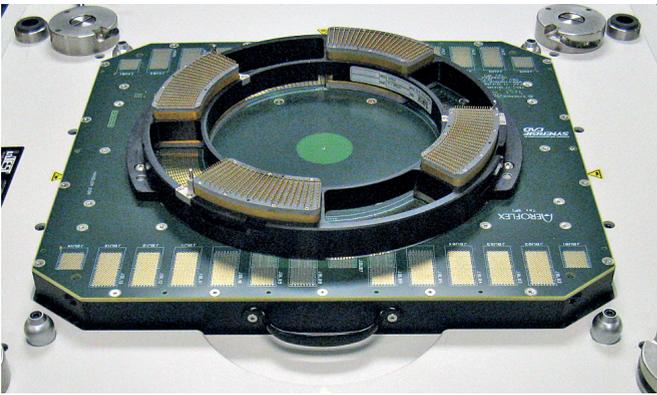


Рис.6. Зондовая плата для тестирования кристаллов ИМС (для тестера AX2820)

Рис.7. Плата в рамке жесткости с винтовыми фиксаторами (для тестера AX518)

установки системного модуля, а в случае присутствия в тестере более одного AXIe-шасси (система AX2820) – дополнительного модуля синхронизации нескольких крейтов. Все необходимые модули синхронизации поставляются производителем в базовой комплектации системы.

Набор инструментальных модулей шасси PXI в базовых комплектациях тестеров по выбору заказчика может состоять из оборудования как для работы с низкочастотными (десятки и сотни мегагерц) аналоговыми сигналами, так и с СВЧ-сигналами (до 6 ГГц). Исходя из требований потребителя, в состав PXI-крейта могут быть включены различные приборы сторонних производителей, что дает возможность гибко конфигурировать систему для получения наибольшей производительности или функциональности.

Базовая комплектация тестеров включает цифровой векторный генератор сигналов и дигитайзер с частотами от 50 МГц до 6 ГГц. Сегодня в PXI-крейтах, входящих в состав систем AX518, AX1018 и AX2820, используется набор модулей фирмы Aeroflex, который, по мнению экспертов, является лучшим среди аналогов. В будущем по мере появления ВЧ- и СВЧ-модулей AXIe-стандарта предполагается замена PXI-крейта на эти модули.

КОММУТАЦИОННАЯ ПАНЕЛЬ

Коммутационная панель обеспечивает подключение к системе плат с тестируемыми образцами, зондовых плат для тестирования кристаллов ИМС на полупроводниковых пластинах (рис.6), а также плат калибровки и верификации системы (поставляются производителем).

Сигналы инструментальных модулей шасси AXIe выводятся на коммутационную панель через

группу разъемов VHDM с пропускной способностью до 3 Гбит/с, напряжениями до 120 В и токами до 3 А на контакт. Сигналы модулей PXI через коаксиальные кабели выводятся на высокочастотные разъемы SMA-типа.

Для обеспечения жесткости конструкции и высокой точности совмещения разъемов плат с тестируемыми образцами и разъемов коммутационной панели, платы закрепляются в специальных рамках жесткости, размеры которых соответствуют модели тестера (табл.4). Рамка содержит отверстия для штыревых направляющих, расположенных на коммутационной панели системы. Фиксирование плат в настольных системах AX518 и AX1018 выполняется посредством винтовых барашковых фиксаторов (рис.7, см. рис.16), а в системах AX2820 крепеж основан на рычажной конструкции (рис.8).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В базовую комплектацию любого тестера Test Evolution входит ПК с предустановленным программным обеспечением (ПО). Комплект ПО включает программы для диагностики модулей тестера, программы для компиляции и отладки тестовых векторов, драйверы инструментальных модулей, программную оболочку OpenExec – для загрузки и контроля исполнения тестов, ПО компании National Instruments – среду NI TestStand,

Таблица 4. Габариты рамок жесткости

Размеры	AX518	AX1018	AX2820
Высота, мм	181	451	457
Ширина, мм	391	391	406

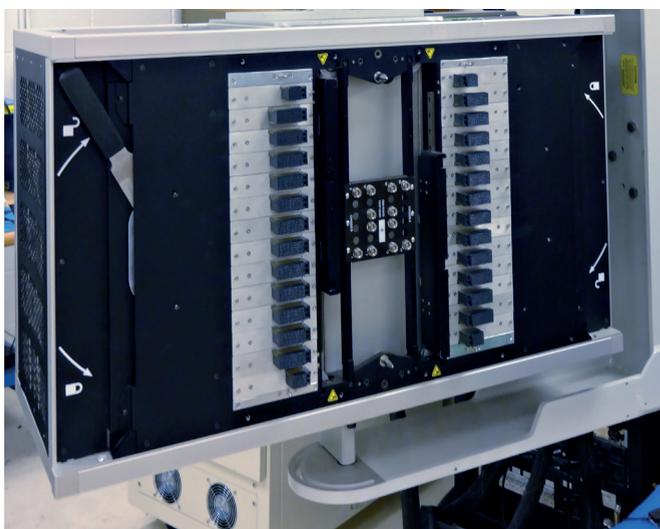


Рис.8. Коммутационная панель с рычажным механизмом фиксации (для тестера AX2820)

библиотеки VISA (Virtual Instrument Software Architecture – архитектура программного обеспечения виртуальных приборов), а также среду разработки Microsoft Visual Studio C++ для разработки и отладки программного кода тестов.

Процесс тестирования заключается в последовательном выполнении набора отдельных тестов (например, проверка целостности контактов, тест тока потребления, проверка выходных опорных напряжений и др.). Каждый тест представляет собой отдельную подпрограмму, которая вызывается как функция из динамически загружаемой библиотеки (DLL), формируемой после компиляции программного кода в среде Visual Studio C++. Эти подпрограммы используют библиотечные функции API, обеспечивающие доступ к инструментальным модулям. Проект программы теста разрабатывается в среде Visual Studio C++, которая также предоставляет пользователю возможность последующей отладки кода программы. Последовательность вызова упомянутых тестов контролируется программой NI TestStand. Разработка и отладка последовательности тестов выполняется с использованием редактора SeqEditor, входящего в состав TestStand.

При работе в промышленных условиях тестирование выполняется под управлением программы OpenExec. Изменение тестов и их последовательности при этом недоступно оператору. Статистика результатов измерений, сортировка изделий по результатам отбраковки и полный отчет формируются оболочкой OpenExec.

ВНЕДРЕНИЕ AXIe-СИСТЕМ В РОССИИ

По мнению международных экспертов, новое поколение AXIe-оборудования – самое перспективное направление развития измерительной аппаратуры. Поэтому его освоение в РФ позволит сделать большой шаг вперед в плане создания новых тестовых систем и выйти на современный уровень в этой области. Так как большинство российских производителей, потребителей и, главным образом, чиновников вообще не подозревают о существовании нового стандарта, потребуется сначала придать информацию о нем широкой огласке. Потом необходима будет поставка первых готовых систем, а затем освоение стандарта AXIe (разработка и производство российской линии модулей, крейтов и контроллеров) для широкого внедрения технологии на предприятиях.

Первые шаги в этом направлении уже сделаны. Освоение нового стандарта начал холдинг Информтест (Зеленоград). Он был образован в 1996 году группой компаний, занимающихся разработкой систем контроля и диагностики наземной электронной аппаратуры, аппаратуры контроля космических аппаратов, систем передачи данных и космической связи. Сегодня Информтест – крупнейший российский производитель измерительных систем в открытых стандартах VXI и LXI и единственное предприятие в России – член Международного консорциума производителей VXI-аппаратуры с правом решающего голоса (www.vxibus.org), а также Консорциума LXI (www.lxistandard.org). В 2012 году холдинг был принят в международный AXIe-консорциум (www.axiestandard.org) и активно ведет разработки российской линейки приборов и систем в стандарте AXIe.

В 2012 году компания Test Evolution и холдинг Информтест заключили соглашение о совместной разработке и продвижении на российском рынке измерительных систем стандарта AXIe. Теперь, в отличие от большинства других поставщиков, холдинг Информтест поставляет AXIe-системы российскому потребителю с комплектом всей необходимой технической документации на русском языке в соответствии с ГОСТом. Информтест постоянно ведет работы по внесению разрабатываемых измерительных приборов и систем в государственный реестр средств измерений, а также выполняет калибровку, первичную и периодическую поверки измерительных систем. ●