

МОДУЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ

MODULAR INSTRUMENTATION SYSTEMS FOR AUTOMATED TEST

МОДУЛЬНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ — ГИБКОЕ, ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И МАСШТАБИРУЕМЫЕ АППАРАТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Тенденции увеличения сложности испытуемых объектов и взаимного проникновения технологий являются стимулом к увеличению гибкости систем тестирования. Системы испытаний должны приспосабливаться к изменениям объектов со временем, несмотря на то, что давление цен требует более длительного срока жизни систем. Единственный способ добиться выполнения данных требований заключается в использовании программируемой модульной архитектуры. В данной статье рассматривается концепция, основанная на программно конфигурируемых виртуальных измерительных приборах, описываются разновидности аппаратных платформ и программного обеспечения, обсуждаются свойства модульных систем, благодаря которым они идеально подходят для решения задач автоматизации испытаний.

В настоящее время, как правило, различают два типа измерительных приборов — виртуальные и традиционные. Рисунок 1 иллюстрирует эти архитектуры.

На рисунке можно увидеть сходство этих двух принципов построения систем тестирования. Обе архитектуры включают измерительные аппаратные средства, шасси, источник питания, шину, процессор, операционную систему и интерфейс пользователя. Поскольку при этом используются одинаковые основные компоненты, наиболее очевидное различие с точки зрения аппаратных средств — то, как эти компоненты объединены в корпус. В каждом традиционном (автономном) измерительном приборе все компоненты размещены в одном корпусе. Пример подобного прибора — прибор с ручным управлением, контролируемый через GPIB, USB, или LAN/Ethernet. Такие приборы разработаны как самостоятельные устройства и предназначены, главным образом, не для системного использования. Существует большое количество традиционных измерительных приборов, в которых программная обработка данных и пользовательский интерфейс зашиты в сам прибор и могут быть изменены только изготовителем прибора (например, путем обновления встроенного ПО). Таким образом, пользователь не может выполнять из-



мерения, не включенные в перечень функций традиционного прибора, что затрудняет измерения по новым стандартам и модификацию системы при возникновении такой необходимости.

Программируемые виртуальные приборы, наоборот, делают необработанные данные, получаемые от аппаратных средств, доступными для пользователя, и он может реализовать свои собственные функции измерений и свой пользовательский интерфейс. С таким программно-ориентированным подходом пользователи могут выполнять нестандартные измерения, измерения в соответствии с развивающимися стандартами или же модифицировать систему при необходимости (например, добавлять приборы, каналы или измерительные функции). Хотя определяемое пользователем про-

МОДУЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ МАСШТАБИРУЕМОСТИ СИСТЕМ

Модульные измерительные приборы могут реализовываться в различных формах. В хорошо спроектированных модульных измерительных системах многие компоненты, такие как шасси и источник питания, являются общими для разных контрольно-измерительных модулей и не дублируются в каждой аппаратной функции. Эти контрольно-измерительные модули могут также включать различные типы аппаратных средств, в том числе осциллографы, генераторы функций, цифровые и радиочастотные устройства. В некоторых случаях, как показано на рисунке 2, измерительная аппаратура — просто периферийное устройство, устанавливаемое в один из слотов или подключаемое к какому-либо периферийному порту компьютера. При этом компьютер предоставляет процессор для выполнения измерений с использованием программного обеспечения, а также является шасси для источника питания и ввода-вывода.

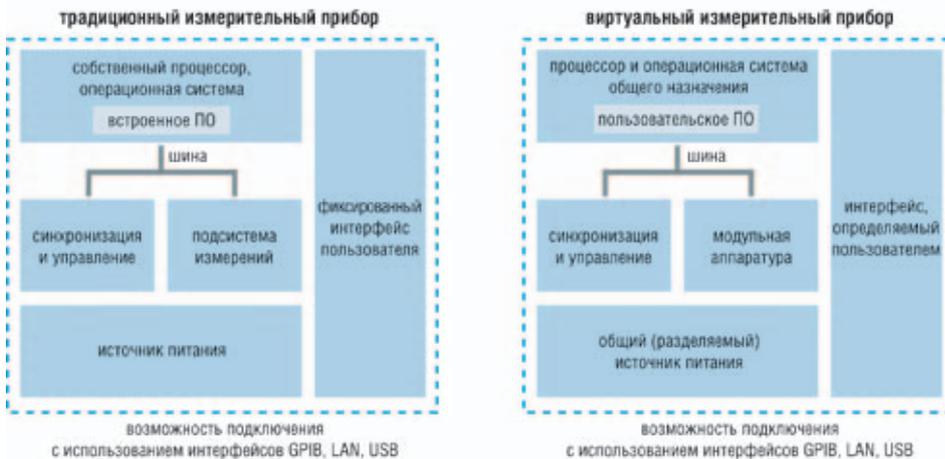


Рис. 1. Сравнение архитектур традиционных и виртуальных измерительных приборов. Обе архитектуры используют аналогичные аппаратные компоненты; основное различие между архитектурами — место хранения программного обеспечения и доступность его для изменения пользователем

граммное обеспечение может быть применено и в автономной, специализированной под конкретное приложение аппаратуре, оно идеально подходит для модульного оборудования общего назначения, где может быть использован полный диапазон гибкости и производительности ПО для процессов измерения. Эта комбинация гибкого, определяемого пользователем ПО и масштабируемых технических компонентов является основой модульных измерительных приборов.

В других случаях, например, при использовании оборудования PXI (PCI eXtensions for Instrumentation — расширение стандарта PCI для измерительной техники) — надежной промышленной платформы для испытаний, измерений и управления, поддерживаемой более чем 70 компаниями, — измерительная аппаратура помещается в шасси промышленного исполнения (см. рисунок 3).

В PXI-системе управляющий (хост) компьютер может быть встроен в шасси (как показано на рисунке 3) либо пред-

ставлять собой отдельный портативный или настольный компьютер или сервер, который подключен кабелем к измерительной аппаратуре и управляет ею с помощью специального интерфейса. Поскольку в PXI-системах используются такие же шины, как и внутренние шины ПК (PCI and PCI Express), и готовые компоненты ПК для управления системой, принципы использования модульной измерительной аппаратуры, PXI и ПК одни и те же. Однако PXI предоставляет и другие преимущества модульной аппаратуры, не рассматриваемые здесь, например: увеличенное количество каналов, портативность и способность работы в жестких условиях (дополнительную информацию о PXI можно найти на сайте www.ni.com/pxi). Независимо от того, реализована ли система на основе PXI, настольного ПК со встраиваемыми модулями или настольного ПК с периферийными модулями ввода-вывода, совместное использование шасси и контроллера

важно отметить, что модульный подход не означает, что синхронизация приборов или каналов ухудшается в сравнении с традиционными приборами, все функции которых реализованы в одном корпусе. Напротив, модульные приборы специально разработаны для интеграции в систему. Все модульные приборы обладают возможностями тактирования и синхронизации общими задающими генераторами и схемами запуска. Например, в целях обеспечения наивысшей точности синхронизации, приборы для узкополосной связи, связи на промежуточных (IF) или высоких (RF) частотах могут синхронизироваться между собой с межприборной расфазировкой менее 100 пикосекунд — меньше, чем расфазировка между несколькими каналами одного и того же прибора.

МОДУЛЬНОСТЬ СНИЖАЕТ СТОИМОСТЬ И УМЕНЬШАЕТ РАЗМЕРЫ, УВЕЛИЧИВАЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДЛЕВАЕТ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ

Термин «модульный» иногда неправильно используется в отношении лишь компонентов аппаратных средств, однако модульное приборостроение — это больше, чем просто механическая сборка. Пользователи могут получить от модульной измерительной системы три качества — сниженную стоимость и меньшие размеры — благодаря общим шасси, объединительной панели и процессору; большую производительность — благодаря высокоскоростному соединению с хост-процессором; большую гибкость и срок эксплуатации — благодаря определяемому пользователем ПО.

Как подробно описано выше, все приборы в модульной измерительной системе разделяют общий источник питания, шасси и контроллер. В автономных приборах источник питания, шасси и/или контроллер дублируются в каждом приборе, что увеличивает стоимость и размеры, снижает надежность системы. Фактически для каждой автоматизированной испытательной системы требуется ПК, независимо от используемой шины; модульная архитектура, которая разделяет контроллер между приборами, распределяет эту цену по всей системе. В модульной измерительной системе ПК — процессоры с тактовой частотой порядка ГГц управляют измерениями и обрабатывают данные с помощью ПО. В результате производительность модульной системы тестирования оказывается от 10 до 100 раз выше, чем производительность системы, построенной исключительно на традиционных приборах, где используется встроенное ПО, определяемое изготовителем, и специализированные

процессоры. Например, обычный векторный анализатор сигнала (VSA) выполняет 0.13 измерений мощности в полосе частот за единицу времени, а за то же время модульный анализатор сигнала NI VSA может выполнять 4.18 подобных измерений — в 33 раза больше.

Модульным приборам требуются шины с высокой пропускной способностью и низким временем задержки подключения контрольно-измерительных модулей к общему процессору для выполнения измерений, определяемых пользователем. В то время как USB предоставляет отличные потребительские свойства в смысле простоты использования, PCI and PCI Express (а соответственно, и основанная на этих шинах платформа PXI) обеспечивают самую высокую производительность в модульных приборах. В настоящее время PCI Express предоставляет слоты с пропускной способностью для каждого слота до 4 Гб/с, а PXI до 2 Гб/с. Это в 33 раза больше, чем у высокоскоростного USB; в 160 раз больше, чем 100 Мб/с Ethernet; и даже в 16 раз больше, чем развивающийся гигабитный Ethernet (рисунок 4). Периферийные шины (такие как LAN и USB) всегда подключаются к



Рис. 2. Примеры устройств для модульных измерительных систем: периферийный USB-модуль (вверху) и встраиваемый модуль PCI Express (внизу)

значительно уменьшает стоимость системы, а также обеспечивает пользователю возможность управлять программными средствами измерения и обработки данных. Хотя существует множество вариантов выбора конфигурации модульной аппаратуры, основное отличие этого подхода от концепции традиционных измерительных приборов состоит в том, что ПО модульных систем является открытым, и пользователи могут создавать собственные процессы измерений, в соответствии с изменениями задач испытаний или при необходимости выполнения измерений, не реализуемых традиционными приборами.

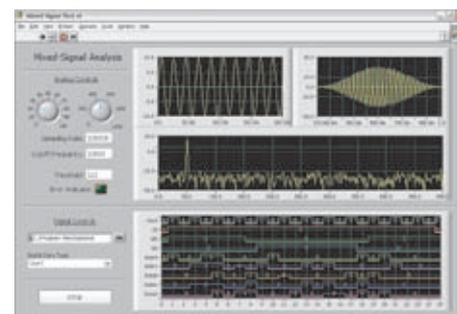


Рис. 3. Это пример модульной измерительной системы, в которой использованы аппаратные устройства PXI и среда графического проектирования NI LabVIEW

процессору ПК через внутренние шины (например, PCI Express), таким образом, их производительность, по определению, всегда ниже. В качестве примера того, как высокоскоростные шины могут влиять на испытания и измерения, рассмотрим модульную систему измерений радиочастотных сигналов. Слот PCI Express x4 (2 Гб/с) в настольном ПК

или системе PXI может передавать по двум каналам поток 16-разрядных результатов измерений сигналов промежуточной частоты при скорости 100 миллионов отсчетов в секунду прямо на процессор для проведения вычислений. Поскольку ни LAN, ни USB не удовлетворяют этим требованиям, приборы, которым необходим подобный уровень производительности, всегда содержат встроенный, установленный производителем процессор для выполнения измерений, такие приборы более не являются модульными.

формы с наибольшей полосой пропускания и наиболее точный 7^{1/2}-значный цифровой мультиметр.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГИБКИХ, НЕСТАНДАРТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Роль программного обеспечения в модульных приборах не может быть преувеличена. Программное обеспечение преобразует необработанный битовый поток, получаемый от аппаратных средств, в значимые результаты измерений. Хорошо спроектированная модульная измерительная система содержит несколько уровней ПО, включая

Инструментальные драйверы предоставляют набор высокоуровневых, удобочитаемых для человека функций, обеспечивающих взаимодействие с приборами. Каждый инструментальный драйвер специально разработан под конкретную модель прибора для интерфейса с его уникальными характеристиками. Особенно важна в инструментальном драйвере его интеграция со средой разработки, так что команды прибору являются составной частью разработки приложения. Разработчикам систем необходимы интерфейсы инструментальных драйверов, оптимизированные под выбранную среду разработки, например, NI LabVIEW, C, C++ или Microsoft NET.

В службах измерения и управления имеются также и средства конфигурирования. Они включают ресурсы для настройки и тестирования ввода-вывода, хранения информации о масштабировании, калибровке, а также информации о псевдонимах каналов (channel-aliasing). Эти инструменты важны для быстрой разработки измерительной системы, а также для поиска неисправностей и обслуживания.

ПО уровня среды разработки приложений предоставляет инструменты для разработки кода или процедуры приложения. Хотя при проектировании модульных измерительных систем не обязательно использовать средства графического программирования, однако их часто применяют, поскольку они упрощают и ускоряют процесс разработки. В графическом программировании используются «иконки» или символичные функции, которые графически отображают выполняемое действие,

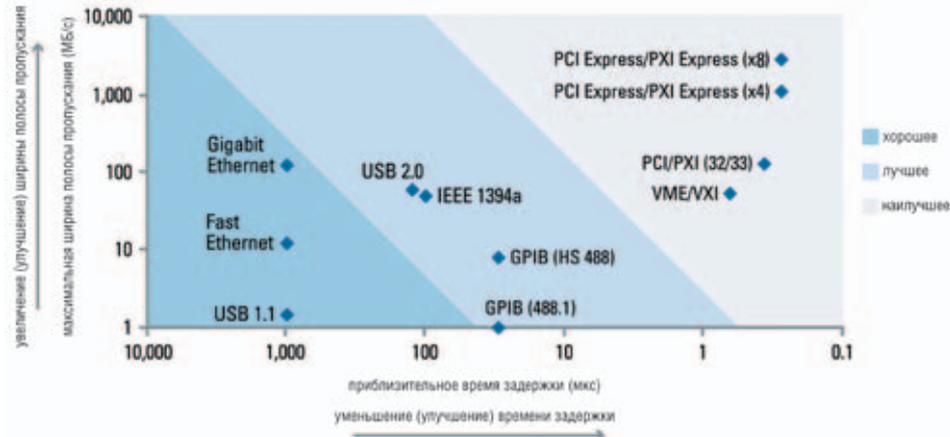


Рис. 4. PCI и PCI Express обеспечивают наибольшую ширину полосы пропускания и наименьшее время задержки, уменьшают время испытаний, а также предоставляют гибкость и долговечность благодаря пользовательскому ПО

В модульных приборах высокоскоростное подключение к хост-компьютеру обеспечивает гибкость и долгий срок эксплуатации, поскольку позволяет программному обеспечению находиться на хосте, а не в самом приборе. Если ПО выполняется на хост-компьютере, не изготовитель, а пользователь определяет, как работает прибор. Такая архитектура дает вам возможность: 1) выполнять измерения, недостаточно распространенные, чтобы быть включенными в стандартный список функций, определяемых производителями немодульных приборов; 2) создавать нестандартные средства измерения; 3) реализовать алгоритмы, используемые при выполнении специальных видов измерений. Определяемое пользователем ПО означает также, что при изменении объекта испытаний вы можете добавлять или модифицировать функции измерения и даже сами приборы. Вы можете также использовать непосредственный доступ к ПО для наблюдения или управления этими модульными приборами через сеть.

Стоит отметить, что эти реализации аппаратных средств не ухудшают характеристики измерительных систем. В настоящее время приборы, разрабатываемые в соответствии с модульным подходом, включают промышленные джатайзеры с высочайшим разрешением, генераторы сигналов произвольной

драйверы ввода-вывода, средства разработки приложений и организации испытаний, как показано на рисунке 5.

Нижний уровень службы измерения и управления является одним из наиболее критичных элементов мо-



Рис. 5. Уровни программного обеспечения, часто используемые в модульной измерительной системе

дульной измерительной системы, на который часто не обращают внимания. Этот уровень представляет собой ПО драйверов ввода-вывода и инструменты для конфигурирования аппаратных средств. Программное обеспечение драйверов особо важно, поскольку обеспечивает связь между ПО разработки испытаний и контрольно-измерительной аппаратурой.

как показано на рисунке 6. Эти символы соединяются «проводниками», по которым передаются данные и которыми определяется порядок выполнения функций. LabVIEW — широко используемая в промышленности и наиболее функционально полная среда графического проектирования.

В некоторых приложениях также необходим дополнительный уровень

управления программным обеспечением для управления исполнением тестов или для визуализации тестовых данных. Это уровень программного обеспечения управления системой — System Management Software. Для высокоавтоматизированных испытательных систем ПО организации испытаний является основой для задания последовательности испытаний, ветвлений/циклов, формирования отчетов и интеграции с базами данных. Инструмент организации испытаний должен также обеспечивать глубокую интеграцию со средой разработки, в которой создается код приложений. Например, система NI TestStand обеспечивает также основу для задания последовательности, ветвления, формирования отчетов и интеграции с базами данных, при этом TestStand совместима со всеми распространенными средами проектирования. В других приложениях, где требуется обзор больших объемов тестовых данных, могут пригодиться другие инструменты, например, для быстрого доступа к большим объемам рассредоточенных данных, создания унифицированных отчетов и визуализации данных. Эти программные инструменты помогают в организации и обработке данных, полученных в процессе измерений и/или сгенерированных в процессе моделирования, а также при создании отчетов.

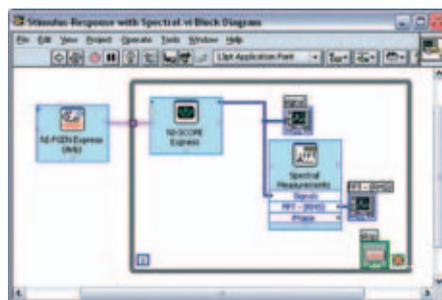


Рис. 6. Код типичного приложения «стимул-реакция», разработанный в LabVIEW и используемый в модульных измерительных приборах: генератор сигналов произвольной формы формирует тестовый сигнал, дигитайзер/осциллограф собирает данные о сигналах реакции тестируемого объекта, выполняется быстрое преобразование Фурье (FFT), пользовательский интерфейс (лицевая панель) — результаты БПФ отображаются на графике

В модульной измерительной системе должен быть продуман каждый уровень рассматриваемой программной архитектуры.

МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ СООТВЕТСТВУЮТ ТРЕБОВАНИЯМ К АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ИСПЫТАНИЯМ

По мере того, как тестируемые объекты становятся все более сложными и используют самые различные технологии, испытательные системы должны становиться более гибкими. Испыта-

тельные системы со временем должны приспосабливаться к изменениям объектов, а давление стоимости требует более длительного срока жизни измерительных систем. Единственный способ добиться выполнения этих требований заключается в использовании программируемой модульной архитектуры. Благодаря совместному использованию компонентов, высокоскоростным шинам и открытому, определяемому пользователем ПО, модульные измерительные приборы наилучшим образом подходят для удовлетворения нужд автоматизированных систем тестирования и сегодня, и в будущем. ☑

A current trend in increasing complexity of devices under test and in mutual penetration of technologies stimulates the increasing flexibility of testing systems. The use of programmable modular architecture allows to develop a test system that can adapt to changes of test objects over time while having long life cycle. This article presents the concept based on software configurable virtual measuring instruments, describes the variety of hardware platforms and software and reveals the properties of modular systems that makes them ideally suited for solving test automation problems.

**ДАТЧИКИ
ПОТЕНЦИОМЕТРЫ
ДЖОЙСТИКИ**

MegAuto MEGATRON
RotaSet Controls

В основе автоматизации любого оборудования лежит использование различных датчиков и преобразователей. Особенно актуальной является проблема увеличения производительности небольших и недорогих машин. Более чем 40 лет MEGATRON представляет на мировом рынке экономичные механические и электрические преобразователи (датчики).

ДАТЧИКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
 ДЖОЙСТИКИ
 БЕСКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
 БЕСКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ ВРАЩЕНИЯ
 ДАТЧИКИ ВРАЩЕНИЯ

КАТАЛОГИ ПРОДУКЦИИ НА САЙТЕ [WWW.RST.RU](http://www.rst.ru)

ИРИТ
 «ИРИТ»: Москва, 115211,
 Каширское шоссе, дом 55, корпус 1
 Телефон/факс: (495) 781-79-97
 E-mail: sale@irit.ru
 Internet: http://www.irit.ru

www.irit.ru
 781-7997

**Самый полный обзор
измерительных приборов,
представленных на российском рынке
в настоящее время**

**Серия «Библиотека инженера»
А.А. Фонский и В.П. Дьяконов
«Измерительные приборы
и массовые электронные измерения»,
«Цифровые анализаторы спектра,
сигналов и логики»**

**Актуальная информация
за минимум средств!**

295 руб.

**Приобрести книги можно
в нашем Интернет-магазине www.kipis.ru**