

LXI – НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

26 сентября 2004 года Консорциум ведущих мировых производителей и пользователей контрольно-измерительного оборудования объявил о завершении разработки нового стандарта измерительных систем, названного LXI (LAN eXtensions for Instrumentation – расширение LAN для проведения измерений). В том же году был образован Консорциум LXI, основной целью которого было увеличение скорости работы измерительных систем, уменьшение их стоимости, размеров и времени, затрачиваемого на настройку систем, а также повышение роли программного обеспечения (ПО). Ниже приведено краткое описание возможностей этого стандарта, представленное автором и дополненное редакцией для лучшего понимания материала рис. 1, расшифровкой сокращений и литературой.

Использование стандарта Ethernet (IEEE 802.3) в качестве технологии передачи позволило в полной мере воспользоваться последними достижениями компьютерной отрасли. Использование преимуществ Ethernet, сетевых возможностей Internet, протоколов LAN, сопутствующих стандартов IEC и драйверов IVI дает возможность перейти на более высокие скорости ввода/вывода, избавиться от крейтов и дорогих интерфейсных кабелей, а также усилить роль ПО. Появилась возможность создать новую системную архитектуру, которая, возможно, просуществует гораздо дольше той, что основана на эволюционных изменениях компьютерных интерфейсов. Создание такой архитектуры, основанной на хорошо зарекомендовавших себя стандартах, позволило использовать готовые средства и создать для разработчиков эффективное решение проблем измерительных систем.

Система LXI представлена на рис. 1, где показаны все возможные типы устройств, которые могут быть с ней соединены: устройства с интерфейсами LXI, подключенные по LAN к выходным портам коммутатора/маршрутизатора Ethernet;



Грант Дренкоу
Agilent Technologies

устройства с интерфейсами VXI, PXI и RS232, подключенные напрямую к выходным интерфейсам системы LXI VXI, PXI и RS232 соответственно; устройства с интерфейсом GPIB, подключаемые к системе LXI через адаптер GPIB, встроенный в эту систему. Разнообразие поддерживаемых интерфейсов – гарантия быстрого и безболезненного перехода пользователей на новый стандарт LXI.

Стандарт LXI [1] содержит следующие разделы:

- три класса LXI (A, B и C);
- физический уровень;
- спецификации LAN;
- настройки LAN;
- обследование LAN (поддержка протокола Discovery);
- интерфейсы программирования;
- Web-интерфейс;
- связь модуль-модуль;
- запуск событий/процессов по LAN;
- аппаратная синхронизация;
- безопасность;
- документация;
- лицензии;
- совместимость.

Стандарт LXI сконцентрирован на четырех основных направлениях: физические требования, протоколы Ethernet, интерфейсы LXI и запуск событий/процессов по LAN. Стандарт – это комбинация требуемых и рекомендуемых элементов. Пока осуществляется переход на новый стандарт, допускается использовать те варианты, которые впоследствии будут запрещены. Статья описывает те требования и рекомендации, которые со временем станут нормой.

ТРИ КЛАССА ПРИБОРОВ LXI

Существуют три класса устройств LXI (рис. 2). Класс C – основной класс LXI. Его требованиям должны отвечать все другие классы. Устройства класса C должны соответствовать физическим требованиям, поддерживать протоколы Ethernet

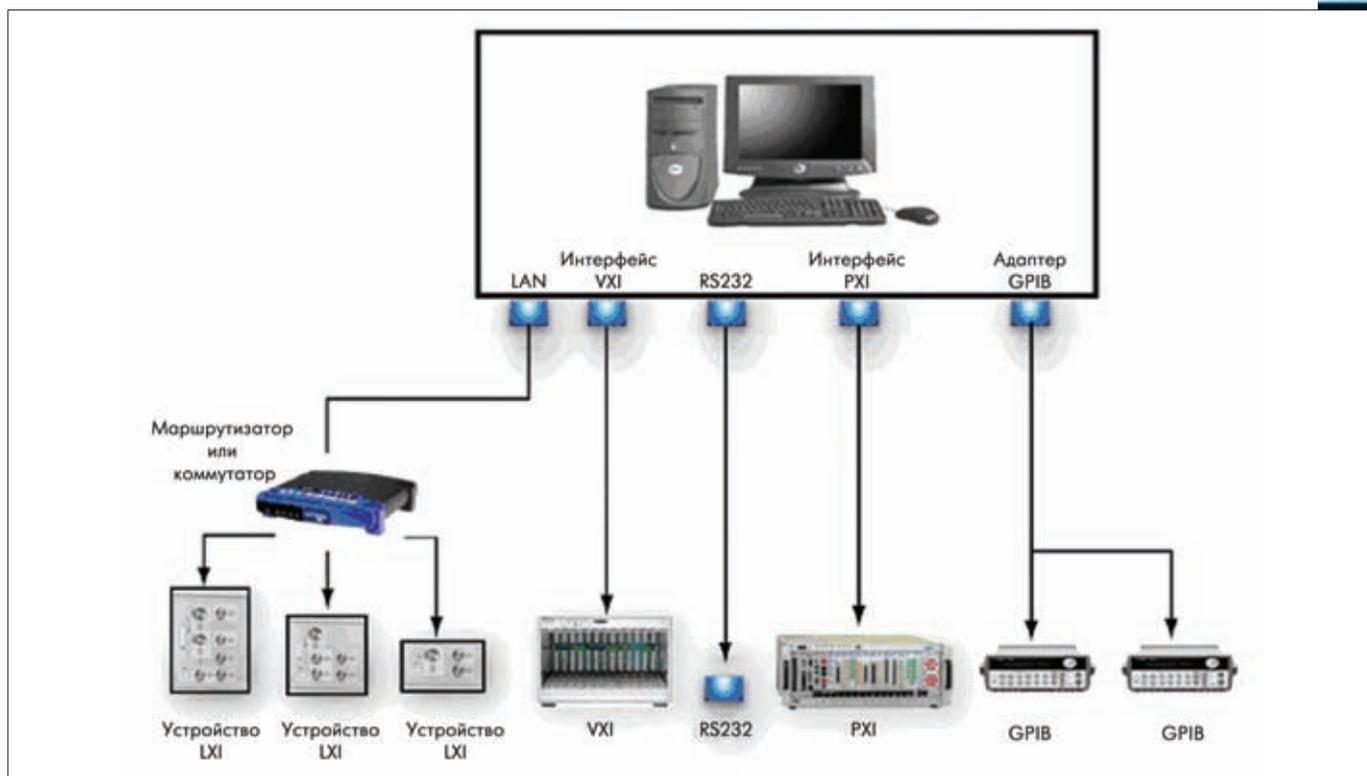


Рис. 1. Пример системы LXI с различными устройствами

и стандарты интерфейса LXI. Класс В соответствует всем требованиям класса С, но добавляет запуск по LAN и поддержку протокола синхронизации IEEE 1588. Класс А удовлетворяет всем требованиям классов С и В и добавляет шину аппаратного запуска.

Класс С реализует следующие основные особенности: LAN интерфейс, LAN протоколы, обследование LAN, интерфейс IVI, "домашнюю страницу" устройства, индикаторы/кнопки: Повторный запуск (Reset), Питание, Охлаждение, Размер.

ФИЗИЧЕСКАЯ ФОРМА LXI

Интерфейс LXI был разработан для достижения максимальной гибкости. Он позволяет соединять как настольные уст-

ройства, имеющие переднюю панель, так и модули без панели, используемые в стойках, или небольшие устройства, которые можно вешать на стену или встраивать в другие устройства. В отличие от устройств PXI и VXI, которые ограничены заданными размерами модулей, устройства LXI могут иметь тот размер, который требуется для данного конкретного применения.

Для тех устройств, которые встраиваются в стойки, спецификация LXI рекомендует придерживаться спецификации IEC, рекомендующей использовать устройства полной или половинной ширины стойки с высотой 2 RU (Rack Units – нормированные единицы размеров для стоек) или выше. Консорциум LXI ввел также новые размеры устройств с высотой 1 RU и половинной шириной, которые удобны для разработчиков измерительных систем. Эти модули функциональны, так как имеют достаточно места для размещения печатных плат, и удобно размещаются в стандартной стойке, исключая необходимость использования крейтов.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ИНТЕРФЕЙСЫ LXI

На рис.3 показаны конструктивные размеры и физические интерфейсные разъемы устройств LXI. Разъем питания (100–240 В), шина запуска событий (для класса А), интерфейс Ethernet 802.3 (RJ-45), входы для сигналов, высота (в единицах RU IEC) и ширина (полная или 1/2 ширины стойки IEC), наличие системы охлаждения, соблюдение требований к уровню электромагнитных помех, набор индикаторов: состояние LAN, состояние питания, состояние IEEE 1588.



Рис. 2. Три класса инструментов LXI

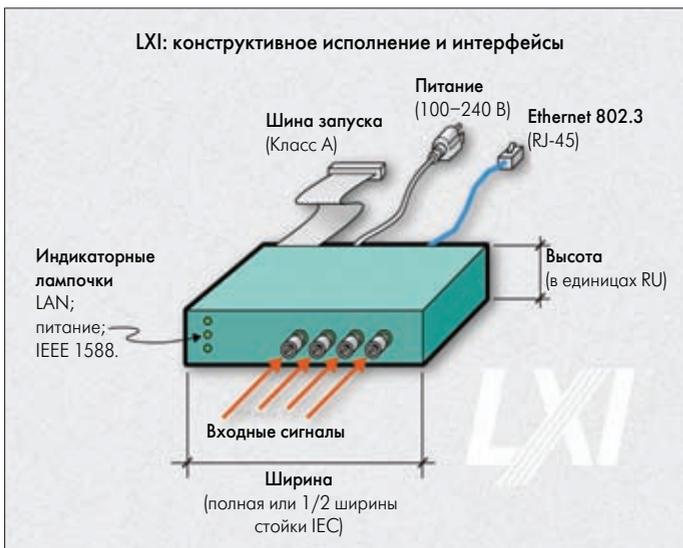


Рис.3. Конструктивные стандарты LXI

Модули LXI отличаются от PXI и VXI еще и тем, что они самодостаточны. Каждый обладает собственным питанием, охлаждением, системой запуска, защитой от электромагнитных помех, интерфейсом Ethernet. Если применяется переменный ток, то используются стандарты питания 100–240 В с частотой 47–66 Гц. При постоянном токе работают с источниками 48 В. Также допускается питание через сеть Ethernet. Охлаждение осуществляется с боковых или с передней/задней частей, чтобы можно было устанавливать модули в стек – один модуль над другим без снижения производительности. Каждый модуль должен удовлетворять требованиям по уровню электромагнитных помех, существующим в стране, где он применяется.

Устройство LXI должно иметь порт LAN и соответствовать нормам IEEE 802.3 стандарта Ethernet. Стандарт рекомендует определенное положение кабеля питания (на задней панели справа), выключателя питания (на задней панели снизу справа), соединительного разъема Ethernet (на задней панели), разъемов для подключения сигналов (на передней панели) и индикаторов LAN/питание/IEEE 1588 (слева на передней панели). Для приборов, имеющих приборную панель, индикацию LAN/питание/IEEE 1588 можно отображать на дисплее, а приборы, имеющие клавиатуру, могут осуществлять функцию перезагрузки LAN прямо с нее.

ТРЕБОВАНИЯ ETHERNET В СТАНДАРТЕ LXI

Все устройства LXI должны использовать стандартный интерфейс IEEE 802.3 Ethernet (рекомендуется применять разъем RJ-45) и стандартный протокол TCP/IP (как минимум, версии IPv4) с поддержкой сообщений протоколов IP (Internet Protocol), TCP (Transmission Control Protocol) и UDP (User Datagram Protocol). Стандартом LXI рекомендуется версия гигабитного Ethernet (GE), хотя допускаются 10- и 100-мегабитные версии Ethernet. Используется автоматический выбор скорости передачи, поэтому устройства в сети работают (по умолчанию) на поддерживаемой всеми устройствами

скорости. Устройства должны поддерживать функцию auto-MDIX (автоматического распознавания полярности кабеля LAN) или, на период перехода к новому стандарту, обязаны иметь на приборе этикетку с указанием, какая полярность кабеля ими поддерживается.

У каждого устройства LXI должен быть MAC-адрес, который неизменен, и IP-адрес, который можно изменять и назначать, используя протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) и функцию автоматического присвоения IP. Можно также вручную ввести IP-адрес. Устройства LXI поддерживают динамическую регистрацию имен хост-компьютеров, когда IP-адреса сопоставляются сетевым хост-компьютером с более понятными пользователю именами. Правила адресации обеспечивают взаимодействие устройств LXI в одной сети без дополнительных усилий со стороны пользователя.

Устройства LXI должны использовать протокол обследования LAN VXI-11, чтобы их можно было легко идентифицировать в сети. Консорциум LXI исследует и другие механизмы обследования (например те, что используют универсальный принцип plug&play) для применения в дальнейших версиях стандарта. Приборы LXI должны, как минимум, реагировать на команду "IDN?" отправкой своей идентификационной информации.

РАБОТА ИНТЕРФЕЙСА СВЯЗИ С LXI УСТРОЙСТВАМИ

Стандарт LXI рассматривает два режима связи с приборами LXI: программный, с применением драйверов IVI, или интерактивный, с использованием стандартного Web-браузера.

В программном режиме приборы LXI должны поддерживать драйверы IVI (IVI-COM или IVI-C). Драйверы IVI-COM легко взаимодействуют со всеми современными языками программирования (такими как Microsoft Suite), а драйверы IVI-C работают с более старыми языками на базе ANSI-C, поддерживаемыми в LabWindows CVI. Консорциум LXI ориентируется на поддержку стандартных драйверов, чтобы избежать лишних затрат времени на программирование, требуемого для работы с прибором LXI.

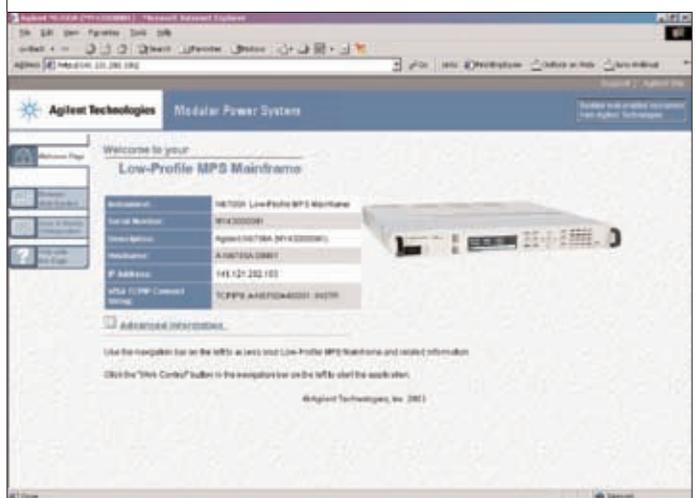


Рис. 4. Модульная система питания, вид низкопрофильного базового блока питания

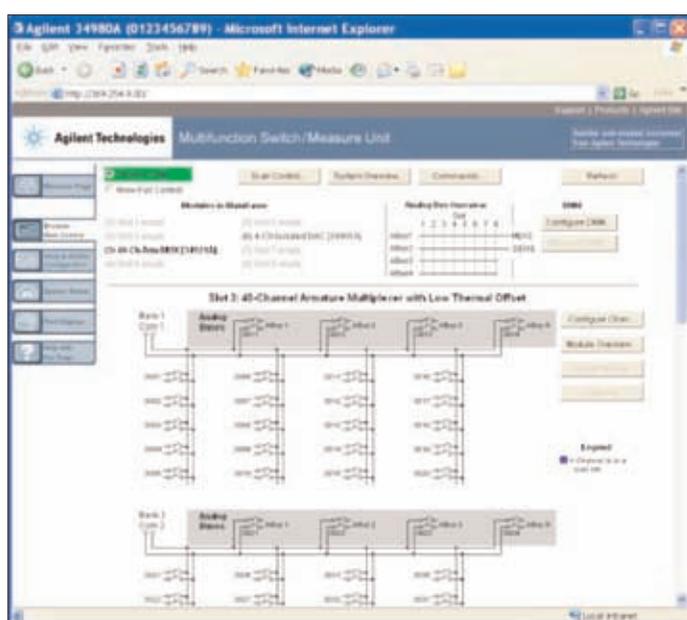


Рис. 5. Web-страница прибора 34980A – многофункционального блока коммутации/измерений с матричной картой

В интерактивном режиме приборы LXI должны иметь Web-страницу в формате HTML, которую можно просматривать любым стандартным Web-браузером. Эта страница должна содержать следующую информацию:

- номер модели прибора;
- данные о производителе;
- серийный номер прибора;
- описание прибора;
- LXI-класс прибора (A, B или C);
- версию стандарта LXI;
- имя хост-компьютера;
- MAC-адрес;
- IP-адрес;
- номер версии программной прошивки или ПО;
- время по протоколу IEEE 1588 (только для приборов классов A и B).

На рис. 4 приведен пример "домашней страницы" модульного источника питания Agilent N6700B с ключевой информацией.

С помощью доступа к "домашней странице" прибора устройство LXI должно также разрешать пользователю настроить:

- имя хост-компьютера;
- описание прибора;
- конфигурацию TCP/IP, включая IP-адрес, подсеть, шлюз, используемый по умолчанию, а также параметры DNS-серверов;
- статус и индикацию наличия ошибок (рекомендуется);
- защиту страницы с помощью пароля (рекомендуется);

На рис. 5 показано, как с помощью "домашней страницы" многофункциональной системы измерения/коммутации Agilent E34980A можно одним нажатием на кнопку мыши открывать/закрывать соединения с модулями. Замечание: мо-

нитинг и контроль за прибором – это дополнительные функции, которые не требуются стандартом LXI.

ОТЛИЧИЕ LXI ОТ ДРУГИХ АРХИТЕКТУР

Запуск и синхронизация LXI – главное преимущество LXI, которое совмещает достоинства системы телекоммуникаций на базе Ethernet с новым стандартом синхронизации времени IEEE 1588 и возможностью использования аппаратной шины запуска VXI (см. рис. 6).

Класс C стандарта LXI (включающий требования к протоколу обследования LAN, адресации и драйверам) не предъявляет требований к запуску событий/процессов. Он допускает используемые отдельными производителями средства аппаратного запуска и запуск по LAN (подобно тем, которые требуются в классах A и B).

Класс B стандарта LXI требует возможности запуска по LAN и применения протокола синхронизации времени согласно стандарту IEEE 1588 (рис. 6). Запуск событий/процессов по LAN – это особое сообщение, отправленное по LAN одним устройством другому (в режиме уникастинга, т.е. по схеме "точка-точка") или транслируемое всем устройствам в сети (в режиме бродкастинга). Запуск по схеме "точка-точка" дает гибкость, недоступную прежним архитектурам, так как с применением протокола LAN сигнал запуска может поступить

СЛОВАРЬ СОКРАЩЕНИЙ

Auto-MDIX – протокол, позволяющий двум Ethernet-устройствам (с разъемами MDI-X или MDI) договариваться об использовании кабельных пар Ethernet Tx и Rx и соединяться без применения кабеля для кросс-соединений; протокол, обеспечивающий функцию авто-кроссовера.

GPiB – General-Purpose Interface Bus – универсальная интерфейсная шина – 24-проводной параллельный двунаправленный интерфейс, синоним шин HP-IB и IEEE-488, используется для соединения научной аппаратуры с компьютером и адаптации устройств и терминалов, предназначенных для работы с интерфейсом RS-232C, разработан компанией HP.

IEEE 1588 – стандарт IEEE протокола синхронизации высокоточного таймера для сетевых систем управления и измерения; он также известен как протокол точного времени (Precision Time Protocol – PTP).

IVI – Interchangeable Virtual Instrument – взаимозаменяемый виртуальный инструмент – спецификации для программирования измерительных приборов, упрощающие взаимозаменяемость, обеспечивающие высокую производительность и уменьшающие стоимость разработки и обслуживания программ.

LCI – LAN Configuration Initialize – инициализация конфигурации LAN – механизм восстановления прерванной работы LXI-устройств,

например кнопка на задней или передней панели модуля, которая (будучи активированной) возвращает сетевые установки модуля в исходное состояние.

LXI – LAN Extensions for Instrumentation – расширения LAN для (проведения) измерений – архитектура измерительных систем следующего поколения, разработана Консорциумом LXI, использует модульный подход, как и VXI, комбинируя его со стандартами LAN: Ethernet и TCP/IP (9.04); стандарт, разработанный Консорциумом LXI, Rev. 1.0 (23.9.05), Rev. 1.1 (28.8.06); приборный интерфейс, используемый для замены интерфейса GPiB, см. также VXI.

LXI Consortium – Консорциум LXI, образован в 2004 году 29 компаниями, разработчик стандартов LXI, www.lxistandard.org.

PXI – PCI Extensions for Instrumentation – расширение PCI для измерительной аппаратуры – открытая система для подключения модульной измерительной аппаратуры на базе CompactPC.

VXI – Virtual Extension Interface – интерфейс виртуального расширения – стандартный интерфейс и шина (VXI-bus), разработанные группой компаний во главе с National Instruments в 1987 г. для подключения измерительных средств к компьютерам разного класса, работает с VXI-модулями различного размера (совместимого с Eurocard): 3U, 6U, 6Ux2 и 9U (имеет Slot 0 и совместим с интерфейсами MXI и GPiB).

от любого LXI-устройства к любому другому. Запуск в режиме бродкастинга аналогичен режиму "Запуск группы" в интерфейсе GPiB, при котором одно устройство LXI может отправить сообщение всем устройствам в LAN. Те из них, которые запрограммированы на реакцию, начнут действовать. Режимы передачи "точка-точка" и бродкастинг всегда были частью стандарта Ethernet, но LXI применил этот протокол специально для запуска устройств и приборов в системе на базе LXI.

Устройства класса В стандарта LXI добавляют новый тип синхронизации – использование протокола синхронизации времени стандарта IEEE 1588. Каждый прибор класса В имеет встроенный тактовый генератор и ПО протокола IEEE 1588 (для более точной синхронизации в прибор также встроена ПЛИС, которая помогает сообщениям IEEE 1588 миновать стек протоколов TCP/IP). В стандарте IEEE 1588 устройства LXI класса В синхронизируют свои тактовые генераторы для

достижения единой установки времени (по самому точному генератору в сети). Синхронизировав свои тактовые генераторы, устройства LXI могут начать измерения/действия точно в заданное время, синхронизировать измерения или выходные сигналы без использования специальных кабелей синхронизации и проставлять отметку времени на все события/процессы и данные. Этот протокол используется в основном в измерительных стойках или для устройств, удаленных на большие расстояния.

Устройства LXI класса В имеют джиттер менее 100 нс в зависимости от точности встроенного тактового генератора. В лабораториях Agilent (где был изобретен этот стандарт) джиттер достигал примерно 2 нс, и в будущем предполагается достичь лучших результатов. Стандарт IEEE 1588 открывает новые возможности в области измерений, привязанных ко времени, и измерений, синхронизированных во времени, без использования внешних кабелей. Стандарт IEEE 1588 в сочетании с запуском по LAN открывает новую эру в измерениях, так как устройства способны передавать информацию и данные о времени без использования компьютера, работающего в режиме реального времени. Потенциал этих возможностей сейчас еще только исследуется. Устройства LXI класса В должны также соответствовать требованиям стандарта LXI класса С.

Устройства LXI класса А добавляют еще один способ запуска событий/процессов – аппаратную шину запуска (рис.6). Это восьмиканальная аппаратная шина M-LVDS (Multipoint-Low Voltage Differential Signaling – многоточечная дифференциальная пара сигналов низкого напряжения), которая может соединять находящиеся на близком расстоянии друг от друга устройства по схеме последовательной цепи или звезды или комбинируя эти две топологии. Шина запуска обеспечивает

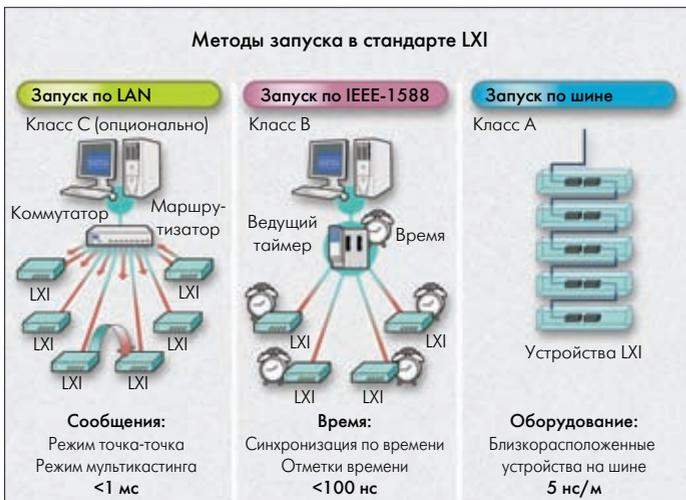


Рис.6. Методы запуска и синхронизации событий/процессов с помощью LXI



прохождение сигнала между приборами с крайне незначительной задержкой – порядка 3 нс/м. Устройства класса А должны также удовлетворять требованиям LXI класса В (IEEE 1588) и класса С (протоколы LAN).

РОЛЬ LXI В КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Интерфейс LXI является логичной заменой интерфейсов GPIB. Хотя интерфейс GPIB находится на службе отрасли более 35 лет, его обошли по скорости уже несколько интерфейсов. Стандарт Ethernet опирается на мощь компьютерной индустрии. Он не только прошел проверку временем (так как был изобретен еще раньше GPIB), но и превзошел возможности GPIB. Использование пакетной передачи в режиме точка-точка или бродкастинга в сочетании с высокой скоростью передачи данных (10 Гбит/с по LAN при использовании медных проводов) и гибкостью в выборе среды передачи (возможностью применения оптоволокна или радиоэфира) предопределили выбор LAN в качестве сети передачи для устройств будущего. В результате интерфейсы LXI будут использоваться везде, где сейчас используются интерфейсы GPIB, – в телекоммуникациях, аэрокосмической, оборонной и автомобильной промышленности, в медицине, в бытовой и полупроводниковой электронике.

Устройства VXI будут и далее использоваться в оборонной промышленности, а также в системах сбора данных с большим количеством точек, где важна плотность каналов. PXI, без сомнения, будет использоваться в приложениях с малым количеством точек как более экономичная альтернатива VXI для приложений, где требуется компактное решение. Однако ограничения, налагаемые использованием крейтов, заставили большинство производителей сфокусировать свое внимание на LXI (см. список участников Консорциума LXI). Что касается интерфейса USB, то он будет использоваться в основном в недорогих настольных приборах, где требуется только периодическое подключение к ПК.

НА КАКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НАЦЕЛЕН LXI

Интерфейс LXI, очевидно, подходит для систем тестирования, контроля на производстве и удаленного сбора данных. Это может быть контроль установок для обработки воды, насосных станций, гидроэлектростанций, ветряных электростанций, метеостанций, систем нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также контроль процессов. Все приложения предполагают удаленный сбор данных и требуют использовать метки времени и синхронизацию во времени, предоставляемые устройствами LXI класса В. Использование стандарта IEEE 1588 становится важной частью процесса автоматизации производства и робототехники. Внедрение LXI может стать следующим шагом в системах контроля в этих отраслях.

ДОСТУПНОСТЬ ПРИБОРОВ LXI

Некоторые производители измерительного оборудования (включая Agilent Technologies, VXI Technologies, Rohde & Schwarz, Pickering Interfaces и Elgar Electronics) уже вывели на рынок устройства LXI. Другие в настоящее время также разрабатывают устройства с использованием нового стандарта. Их количество со временем будет только увеличиваться – в этом нет никакого сомнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. LXI Standard Rev.1.0 (23.09.05); Rev.1.1 (28.08.06).
2. LXI Sync Interface Specification Rev.1.0 (23.09.05).
3. LXI Standard Clarifications. Released 21.01.06.

Чип-резистор габаритных размеров 2512 на номинальную мощность 2 Вт

Компания Stackpole Electronics выпустила толстопленочные чип-резисторы серии RHC с габаритными размерами корпуса 2512 (длина 6,3, ширина 3,1 и высота 0,6 мм), способные выдерживать мощность 2 Вт. Резисторы серии RHC отличаются уникальным исполнением с использованием специальных материалов и процессов, обеспечивающих лучший отвод тепла и возможность работы при повышенных температурах. В результате нагрев их на 30°C ниже, чем стандартных чип-компонентов с габаритными размерами 2512, а температура пайки на печатные платы намного ниже стандартного значения 105°C. Резисторы характеризуются и повышенной на 70% стойкостью к перегрузкам по мощности в течение 5 с.

В серию RHC входят резисторы на номинальное сопротивление от 0,1 Ом до 1 Мом и рабочее напряжение до 200 В. Как и для стандартных резисторов, допуск на сопротивление компонентов серии RHC составляет 1 и 5% при температурном коэффициенте сопротивления 100 ppm. Используемый компанией метод подгонки позволяет достичь равномерного распределения выделяемого тепла по поверхности компонента, в отличие от обычной калибровочной подгонки, при которой тепло концентрируется в отдельной горячей точке. Единственное существенное отличие от конструктивного оформления стандартных резисторов, подобных габаритных размеров, – больший нижний вывод, обеспечивающий более надежное соединение и лучший отвод тепла.

Стоимость резистора серии с допуском 5% – 0,12 долл., допуском 1% – 0,18 долл. за штуку.