



Андрей Головазов

LXI – инструментальный стандарт будущего

Сегодня в арсенале разработчиков контрольно-измерительных систем имеется достаточно много современных средств автоматизации экспериментов и проведения комплексных испытаний. Это мощные ПК, традиционные и специальные измерительные приборы, высокопроизводительные модульные платформы стандартов PXI, VXI, AXI. Однако технический прогресс не стоит на месте, и появляются всё новые и новые решения. Одним из таких стал стандарт LXI (LAN eXtension for Instrumentation).

Что я измеряю время, это я знаю, но я не могу измерить будущего, ибо его еще нет; не могу измерить настоящего, потому что в нём нет длительности, не могу измерить прошлого, потому что его уже нет. Что же я измеряю? Время, которое проходит, но ещё не прошло?

Августин Аврелий. Исповедь, книга 26, глава 33

ВСТУПЛЕНИЕ

Постараемся ответить на простой с виду вопрос: что послужило толчком к появлению нового стандарта LXI (LAN eXtensions for Instrumentation – коммуникационный стандарт для промышленной сети на базе стандартных сетей Ethernet)? Для ответа обратимся к опыту специалистов, которые отмечают, что основные трудности при разработке автоматизированных тестовых систем связаны с такими факторами, как

- усложнение технических требований;
- необходимость аппаратной привязки средств измерений к конкретной компьютерной платформе;
- совместимость оборудования, имеющего разные интерфейсы и разных производителей;
- сокращение бюджетов и сжатые сроки внедрения;
- дефицит ресурсов по разработке ПО и необходимость привлечения сторонних программистов.

Становится очевидно, что нужен более экономичный, широко доступный и универсальный инструмент.

ИСТОРИЯ И КРАТКИЙ ОБЗОР LXI



Появление LXI было обусловлено лавинным развитием сетевых технологий и значительным увеличением пропускной способности Ethernet-каналов. Первая версия стандарта LXI (LXI Device Specification, Revision 1.0) была представлена в сентябре 2005 года как более быстросрабатывающая и эффективная альтернатива интерфейсу GPIB, служившего свыше 30 лет одним из основных коммуникационных каналов между прибором и компьютером.

Сегодня LXI-инструменты используют все преимущества технологии ЛВС (LAN), сочетают самые лучшие стороны GPIB, VXI и PXI, но в отличие от них не требуют специальных кабелей и дорогостоящих встроенных в прибор интерфейсных контроллеров. Тестовые системы на основе LXI могут масштабироваться от небольшой локальной сети до распределённой глобальной системы, подключённой к Интернету.

За прошедшие годы стандарт уже несколько раз обновлялся и дополнялся.

Самой актуальной является **LXI Device Specification 2011, Revision 1.4, May 18, 2011** (Спецификация LXI-устройства 2011, редакция 1.4 от 18 мая 2011 г.). Она детализирует технические требования, которым должны следовать производители, разработчики и другие специалисты, работающие над созданием совместимых с LXI устройств и использующие Ethernet в качестве основного средства связи между устройствами.

В стандарте LXI определены следующие позиции.

1. Функционал LXI-устройств.
2. Механические и электрические требования.
3. Синхронизация устройств и информационные сообщения, включая их формат.
4. Единый формат модели запуска (триггера), включающий в себя запуск на основе проводных линий сообщения о событии и событий, привязанных ко времени.
5. Программный интерфейс событий и формат моделей запуска.

6. Аппаратная триггерная шина как часть единой модели запуска.
7. Требования к LAN-коммуникациям и конфигурация.
8. Веб-интерфейс.
9. Требования к идентификации и механизмы обнаружения устройств.
10. Требования к документации.

Все права разработки, контроля и внесения изменений принадлежат LXI Consortium, Inc. На сайте <http://www.lxi-standard.org> в открытом доступе можно подробно ознакомиться с актуальными версиями спецификации и другими материалами по теме.

СТРУКТУРА СТАНДАРТА

Стандарт LXI состоит из основной спецификации **LXI Core 2011 specification of an LXI Device** и функциональных расширений. В настоящее время стандарт LXI обеспечивает пять расширенных функций, которые заменили предыдущие классы LXI-устройств А, В и С. Согласно предыдущей версии спецификации класс А охватывал перечисленные далее расширенные функции от 1 до 5, класс В включал функции 2–5, а в класс С попадала большая часть LXI-устройств, которые соответствовали только основным свойствам “Core”.

Далее перечислим расширенные функции LXI-устройств.

1. **LXI Wired Trigger Bus** – проводная шина запуска.
2. **LXI Event Messaging** – сообщения о событиях.
3. **LXI Clock Synchronization** – синхронизация с помощью IEEE 1588.
4. **LXI Timestamped Data** – временная привязка данных (делает возможной маркировку сетевого события в определённый момент времени, такими событиями могут быть запуск, измерение или подключение каналов).
5. **LXI Event Logs** – журнал событий (содержит записи произошедших в сети событий, что позволяет контролировать прибор или систему в процессе работы).

Стандарт продолжал развиваться и идти в ногу с последними достижениями. В подтверждение тому два не так давно одобренных дополнения, которые расширяют функционал LXI, описанный в базовой спецификации.

6. **LXI HiSLIP** – расширения, связанные с высокоскоростным интерфейсом управления HiSLIP (High-Speed LAN Instrument Protocol). Интерфейс HiSLIP, разработанный IVI Foundation, основан на протоколе IVI HiSLIP

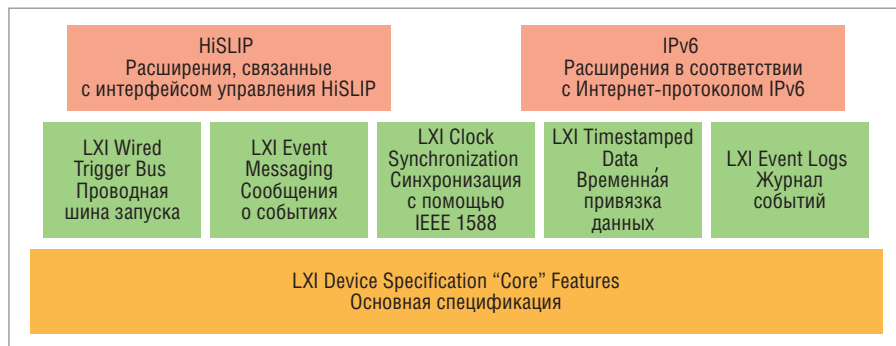


Рис. 1. Спецификация LXI-устройства 2011, ред. 1.4, и его расширенные функции

(IVI 6.1). Он обеспечивает расширенные функции спецификации VXI-11, как и обновлённые свойства, подобные тем, что были у GPIB.

7. **LXI IPv6** – расширения в соответствии с Интернет-протоколом IPv6. Более высокие параметры IPv6 по сравнению с IPv4 гарантируют, что производители LXI-приборов будут стремиться к соответствию производимого ими оборудования характеристикам IPv6 и государственным стандартам до начала широкого применения IPv6 в тестовых системах.

LXI-устройство может включать одну или все расширенные функции. Любое LXI-устройство и каждое расширение должны соответствовать основной спецификации (рис. 1).

Детальная информация об LXI содержится в следующих документах:

- LXI Device Specification 2011, Rev. 1.4 (Released May 18, 2011);
- LXI Wired Trigger Bus Cable and Terminator Specifications, Rev. 2.0 (Released May 18, 2011);
- LXI HiSLIP Extended Function, Rev. 1.01 (Released October 20, 2011);
- LXI IPv6 Extended Function, Rev. 1.0 (Released March 14, 2012),

а в рамках данной статьи мы сможем лишь кратко познакомиться с основными положениями стандарта и получить первоначальные сведения о нём.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

LXI-приборы могут быть выполнены в различных конструктивных исполнениях. Базовым правилом при разработке механики нового LXI-оборудования является соответствие размеров устройств существующим стандартам IEC для стоечного оборудования. Сейчас наиболее распространённой является настольная конструкция с размещёнными на передней панели соединителями входных/выходных сигналов, индикации и находящимися на задней панели входами синхронизации, питания и Ethernet.

В стандарте LXI для создания полностью виртуальных приборов предусмотрены также бескорпусные и модульные исполнения, устанавливаемые непосредственно в компьютерные шасси.

Требования по электрике базируются на соблюдении основных международных стандартов, находящихся под эгидой таких организаций, как CSA, EN, UL и IEC. Так, для обеспечения безопасности предписывается выполнение требований IEC 61010-1 Safety Requirements, для электромагнитной совместимости и защиты от электромагнитных помех необходимо следовать положениям IEC 61326-1-1998 EMC Requirements T&M Equipment.

При проектировании электропитания стандарт рекомендует, чтобы LXI-устройства могли функционировать автономно от однофазного питания переменным током с напряжением от 100 до 240 В $\pm 10\%$, в диапазоне частот от 47 до 66 Гц. Однако не исключаются и другие способы организации питания, такие как электропитание от изолированного источника постоянного тока напряжением 48 В, питание напрямую от сети Ethernet в качестве PoE-устройства, соответствующего IEEE 802.3af, а также от двух- и трёхфазных сетей.

Стандарт устанавливает требования в части использования ЛВС-разъёмов на их соответствие нормам IEEE 802.3. Для организации сетей следует использовать кабель категории 5 и коннекторы RJ-45. Однако если соединители типа RJ-45 не являются приемлемыми, могут использоваться и другие, например 4- и 8-контактные M12, широко распространённые в промышленном Ethernet.

В стандарте прописаны правила по размещению элементов управления и контроля, разъёмов на лицевых панелях, их ориентации, маркировке, подробно освещены требования к необходимой индикации состояния устройства и питания.

СИНХРОНИЗАЦИЯ LXI-УСТРОЙСТВ И ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ

Большое внимание в стандарте LXI уделено обеспечению высокой точности и стабильности измерений, здесь можно отметить такие разделы, как:

- контроль последовательности состояний в пределах LXI-устройства или всей системы;
- контроль времени возникновения событий и обработка собственных и системных сообщений;
- сортировка данных измерений или установка соотношения со значимыми событиями, основанными на временных метках.

Отдельное место в стандарте занимает IEEE 1588 Precision Time Protocol (протокол точного времени): каждое соот-

ветствующее ему LXI-устройство должно обеспечивать полную функциональность стандарта IEEE 1588 и выполнение требований профиля LXI 1588. Кроме этого рекомендовано, чтобы в LXI-устройстве были реализованы временные характеристики с точностью до 40 наносекунд или лучше.

Стандарт LXI допускает три режима межмодульной связи для передачи информационных сообщений:

- через драйвер команд от контроллера (или любого другого устройства, работающего в качестве контроллера) к LXI-устройству через локальную сеть;
- прямые сообщения модуль–модуль через LXI-сообщения о событиях;
- аппаратные линии запуска от модуля к модулю.

Разработчикам предоставляются широкие возможности по запуску, и LXI обеспечивает пять режимов запуска:

- на основе драйвера команд (интерфейс драйвера на управляющем компьютере используется для прямой передачи команды на LXI-устройство);
- на основе прямой передачи LXI-сообщений о событии (LXI-сообщение, содержащее информацию о запуске, включая временную метку, направляется непосредственно от одного модуля к другому через локальную сеть);
- на основе временных событий (с помощью триггера IEEE 1588 устанавливаются параметры внутри LXI-устройства и выполняется запуск);
- на основе проводной шины запуска – LXI Wired Trigger Bus;

НОВЫЕ LXI-ПРИБОРЫ СЕРИИ DIGITIZERNETBOX КОМПАНИИ SPECTRUM

В 2013 году немецкая компания Spectrum GmbH присоединилась к производителям LXI-приборов и выпустила на рынок сразу несколько моделей LXI-устройств сбора данных под общим названием digitizerNETBOX. Новая платформа полностью соответствует спецификации LXI Device Specification 2011, Revision 1.4, поэтому доступ и управление данными делается просто с помощью подключения через

Gigabit Ethernet к любому компьютеру или к корпоративной сети, по принципу “connect and collect” (подключайся и собирай).

Сегодня семейство digitizerNETBOX представляет собой внушительный модельный ряд, включающий устройства с числом входных каналов от 2 до 48, частотой опроса от 200 кГц до 500 МГц и разрешением 14 или 16 бит (табл. 1). ■

Таблица 1

Обзор моделей digitizerNETBOX

Название модели	Частота опроса	Разрешение	Однополярные входы	Дифференциальные входы
DN2.445-02	500 Мсэмпл/с	14 бит	2	–
DN2.445-04	500 Мсэмпл/с	14 бит	4	–
DN2.445-08	500 Мсэмпл/с	14 бит	8	–
DN6.445-12	500 Мсэмпл/с	14 бит	12	–
DN6.445-16	500 Мсэмпл/с	14 бит	16	–
DN6.445-20	500 Мсэмпл/с	14 бит	20	–
DN6.445-24	500 Мсэмпл/с	14 бит	24	–
DN2.442-02	250 Мсэмпл/с	16 бит	2	–
DN2.442-04	250 Мсэмпл/с	16 бит	4	–
DN2.442-08	250 Мсэмпл/с	16 бит	8	–
DN6.442-12	250 Мсэмпл/с	16 бит	12	–
DN6.442-16	250 Мсэмпл/с	16 бит	16	–
DN6.442-20	250 Мсэмпл/с	16 бит	20	–
DN6.442-24	250 Мсэмпл/с	16 бит	24	–
DN2.441-02	130 Мсэмпл/с	16 бит	2	–
DN2.441-04	130 Мсэмпл/с	16 бит	4	–
DN2.441-08	130 Мсэмпл/с	16 бит	8	–
DN6.441-12	130 Мсэмпл/с	16 бит	12	–
DN6.441-16	130 Мсэмпл/с	16 бит	16	–
DN6.441-20	130 Мсэмпл/с	16 бит	20	–
DN6.441-24	130 Мсэмпл/с	16 бит	24	–
DN2.496-04	60 Мсэмпл/с	16 бит	2	2
	30 Мсэмпл/с	16 бит	4	2
DN2.496-08	60 Мсэмпл/с	16 бит	4	4
	30 Мсэмпл/с	16 бит	8	4
DN2.496-16	60 Мсэмпл/с	16 бит	8	8
	30 Мсэмпл/с	16 бит	16	8
DN6.496-24	60 Мсэмпл/с	16 бит	12	12
	30 Мсэмпл/с	16 бит	24	12
DN6.496-32	60 Мсэмпл/с	16 бит	16	16
	30 Мсэмпл/с	16 бит	32	16
DN6.496-40	60 Мсэмпл/с	16 бит	20	20
	30 Мсэмпл/с	16 бит	40	20

Название модели	Частота опроса	Разрешение	Однополярные входы	Дифференциальные входы
DN6.496-48	60 Мсэмпл/с	16 бит	24	24
	30 Мсэмпл/с	16 бит	48	24
DN2.491-04	10 Мсэмпл/с	16 бит	4	2
DN2.491-08	10 Мсэмпл/с	16 бит	8	4
DN2.491-16	10 Мсэмпл/с	16 бит	16	8
DN6.491-24	10 Мсэмпл/с	16 бит	24	12
DN6.491-32	10 Мсэмпл/с	16 бит	32	16
DN6.491-40	10 Мсэмпл/с	16 бит	40	20
DN6.491-48	10 Мсэмпл/с	16 бит	48	24
DN2.465-04	3 Мсэмпл/с	16 бит	4	4
DN2.465-08	3 Мсэмпл/с	16 бит	8	8
DN2.465-16	3 Мсэмпл/с	16 бит	16	–
DN6.465-16	3 Мсэмпл/с	16 бит	16	16
DN6.465-24	3 Мсэмпл/с	16 бит	24	24
DN6.465-32	3 Мсэмпл/с	16 бит	32	–
DN6.465-40	3 Мсэмпл/с	16 бит	40	–
DN6.465-48	3 Мсэмпл/с	16 бит	48	–
DN2.464-04	1 Мсэмпл/с	16 бит	4	4
DN2.464-08	1 Мсэмпл/с	16 бит	8	8
DN2.464-16	1 Мсэмпл/с	16 бит	16	–
DN6.464-16	1 Мсэмпл/с	16 бит	16	16
DN6.464-24	1 Мсэмпл/с	16 бит	24	24
DN6.464-32	1 Мсэмпл/с	16 бит	32	–
DN6.464-40	1 Мсэмпл/с	16 бит	40	–
DN6.464-48	1 Мсэмпл/с	16 бит	48	–
DN2.462-04	200 ксэмпл/с	16 бит	4	4
DN2.462-08	200 ксэмпл/с	16 бит	8	8
DN2.462-16	200 ксэмпл/с	16 бит	16	–
DN6.462-16	200 ксэмпл/с	16 бит	16	16
DN6.462-24	200 ксэмпл/с	16 бит	24	24
DN6.462-32	200 ксэмпл/с	16 бит	32	–
DN6.462-40	200 ксэмпл/с	16 бит	40	–
DN6.462-48	200 ксэмпл/с	16 бит	48	–

- на основе специальных аппаратных схем запуска конкретного производителя.

ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС (ДРАЙВЕРЫ)

Программная совместимость является важной составляющей, гарантирующей любым LXI-устройствам взаимодействие друг с другом и с тестовой программой. Все LXI-устройства должны предусматривать наличие специального IVI-драйвера (IVI – Interchangeable Virtual Instrument Foundation – открытый консорциум, созданный для продвижения спецификаций программирования виртуальных приборов). Помимо этого, в случае работы в операционной среде, отличной от Microsoft Windows, LXI-устройства могут комплектоваться дополнительными драйверами для других операционных систем: Linux, VxWorks, UNIX и т.д.

ПРОВОДНАЯ ШИНА ЗАПУСКА – LXI WIRED TRIGGER BUS (WTB)

WTB является важным элементом системы LXI, использующим аппаратные возможности стандарта и реализующим проводное соединение нескольких LXI-устройств. Физически интерфейс шины выполнен на базе стандарта TIA/EIA-889 Multipoint Low Voltage Differential

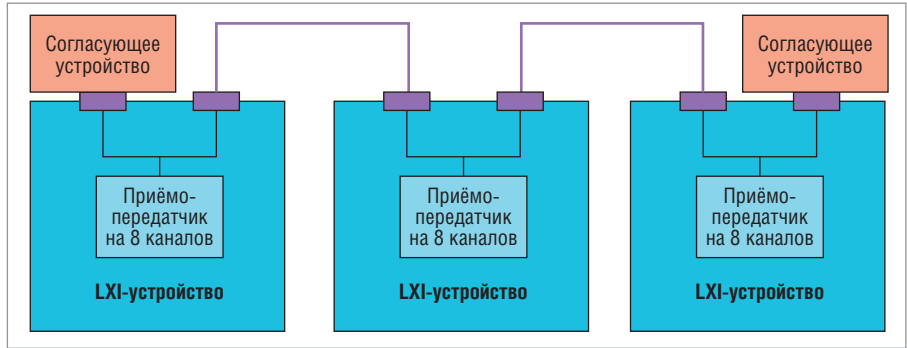


Рис. 2. Конфигурация LXI-устройств, использующих проводную шину запуска LXI

Signaling (M-LVDS) – многоточечная низковольтная дифференциальная передача сигналов. Для обмена данными используются дифференциальные токовые сигналы, передаваемые посредством специального 8-проводного кабеля с независимым экранированием каждого канала.

Любое LXI-устройство, подключённое к шине запуска, имеет как минимум два разъёма типа Micro-D с 25 контактами и обеспечивает сквозное соединение каждого участвующего в передаче устройства. Согласование шины производится специальным терминальным устройством, подключаемым в конце каждого сегмента (рис. 2).

WTB предоставляет 8 физически независимых каналов запуска LXI0–LXI7 в соответствии с количеством аналогичных логических каналов LXI-со-

общений о событиях, имеющих идентификаторы LAN0–LAN7. По производительности WTB существенно отличается от передачи сообщений LXI о событиях по сети, так как последние основаны на Ethernet-технологии и зависят от драйверов, скорости передачи, программных прерываний и быстродействия процессора. В дополнение к поддержке высокопроизводительных операций запуска по WTB может также происходить обмен тактовыми или другими информационными сигналами между LXI-устройствами. Выбранные для WTB технологии позволяют передавать сигнал на большие, чем по стандартной витой паре, расстояния, а также гарантируют бесперебойную работу шины в случае отключения одного или нескольких объединённых в сеть LXI-устройств.

ОСОБЕННОСТИ И СХЕМА УСТРОЙСТВ DIGITIZERNETBOX

Приборы выполнены в двух вариантах 19" корпусов высотой 2U и 3U с размерами соответственно (Ш×В×Г) 267×87×366 мм и 432×131×420 мм (рис. 8, 9). На передней панели расположены все необходимые входные разъёмы, индикация и кнопки управления, на задней – коннекторы для подключения сетевого питания и Ethernet. Для интеграции в большую измерительную систему или установки в шкаф digitizerNETBOX могут быть укомплектованы 19" монтажным комплектом.

Важной особенностью устройств Spectrum является то, что каждый аналоговый канал имеет собственный аналого-цифровой преобразователь и независимый усилитель (рис. 3). Переменное усиление позволяет масштабировать входные сигналы таким образом, чтобы охватить весь динамический диапазон АЦП и поддерживать наилучшую точность измерений. Все каналы синхронизированы с тактовой частотой для сведения к минимуму фазовых ошибок и разброса измерений между каналами. Большой объём встроенной памяти от 64 до 512 Мсэмпл на

каждый канал позволяет принимать и хранить самые сложные и продолжительные сигналы.

Все устройства поставляются в комплекте с программным обеспечением. Пользователь может написать собственную программу

управления с помощью любого популярного языка, включая Visual C++, Borland C++, GNU C++, Visual Basic, VB.NET, C#, J#, Delphi и Python. Кроме этого, можно использовать собственное программное обеспечение SBench 6 компании Spectrum. ■

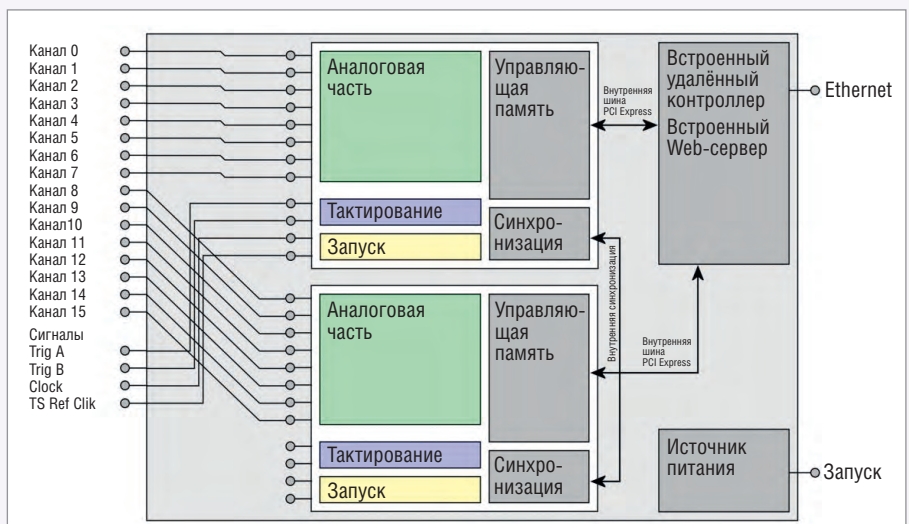


Рис. 3. Структурная схема прибора digitizerNETBOX на 16 входных каналах

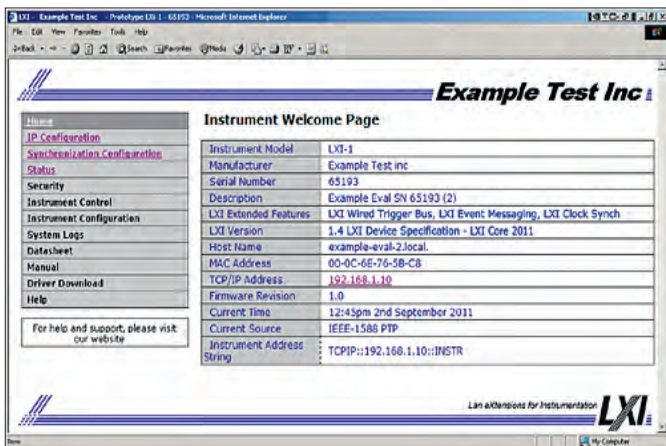


Рис. 4. Пример веб-интерфейса LXI

ЛВС-КОММУНИКАЦИИ И КОНФИГУРАЦИЯ

LXI предъявляет к коммуникациям по ЛВС следующие требования.

- **Скорость:** при подборе оборудования следует иметь в виду, что LXI-приборы обеспечивают скорость передачи данных 100 Мбит/с (IEEE 802.3 Type 100Base-TX), а также должны поддерживать скорость 1 Гбит/с, Gigabit Ethernet (Type 1000Base-T). Определённый оптимизм вселяет и тот факт, что уже сейчас Ethernet-инфраструктура способна обеспечить скорость до 10 Гбит/с, а в будущем и ещё быстрее.
- **Адрес:** MAC-адрес устройства является неизменным значением, он должен отображаться при помощи доступного для пользователя меню или в виде таблички на корпусе.
- **Протоколы:** LXI-устройства должны поддерживать TCP/IP (Transmission

Control Protocol/ Internet Protocol), как минимум IPv4, а для обеспечения долгосрочной сетевой совместимости и IPv6. Помимо этого LXI-устройством можно управлять и общаться с использованием любого протокола более высокого уровня (например RPC), если он надстраивается над стандартным межсетевым протоколом TCP или протоколом сообщений пользователя UDP (User Datagram Protocol). Для передачи диагностических сообщений LXI-устройства обязаны обеспечить также ICMP (Internet Control Message Protocol).

- **Конфигурация ЛВС** относится к механизму, который устройство использует, чтобы получить IP-адрес, маску подсети, IP-адрес шлюза по умолчанию и адрес (адреса) DNS-сервера. LXI-устройства должны поддерживать три способа конфигурирования

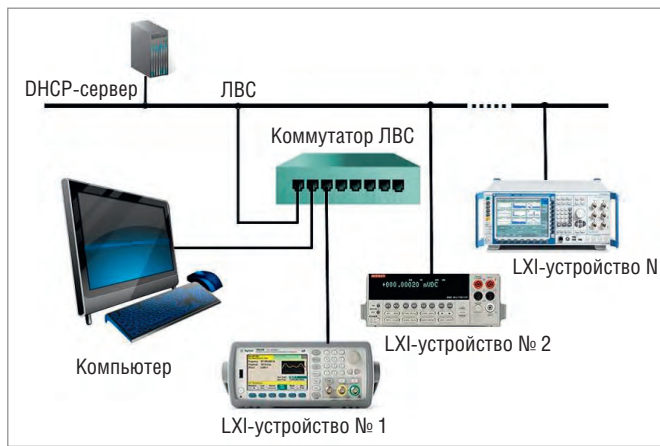


Рис. 5. Открытая конфигурация ЛВС с DHCP-сервером

ЛВС: Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), Dynamically Configured Link Local Addressing (Auto IP) и ручной способ.

ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС

Веб-сервер LXI-устройства должен соответствовать протоколу HTTP (версия 1.0 или выше). LXI-устройства должны обслуживать принадлежащие им веб-страницы. Обслуживаемые веб-страницы должны корректно работать со всеми W³C (World Wide Web Consortium) совместимыми браузерами и соответствовать языку HTML (версия 4.01 или выше) или XHTML (версия 1.0 или выше). Страницы приветствия (рис. 4) должны содержать основную информацию об устройстве: название модели, производителя, серийный номер, описание, LXI-расширение, LXI-версию, имя Host-системы, MAC-ад-

КОНФИГУРАЦИЯ DIGITIZERNETBOX

С помощью digitizerNETBOX можно создавать различные конфигурации приборов.

Прибор digitizerNETBOX для персонального или коллективного использования может быть подключён непосредственно к вашему компьютеру. Имея независимый прибор или подключая его к локальной сети, вы будете располагать мобильным инструментом, доступным везде, где есть возможность подключения к корпоративной сети. В качестве опции предлагается источник питания постоянного тока, с помощью которого можно использовать устройство там, где нет электросети, например на транспортных средствах. DigitizerNETBOX представляет собой комплексное решение для измерений. Как только он подключён к компьютеру, никакое дополнительное оборудование больше не требуется.

Локальная или беспроводная сеть. При подключении к корпоративной локальной или

беспроводной сети digitizerNETBOX получает свой IP-адрес от стандартного DHCP-сервера и доступен через Ethernet-соединение, как и любое другое TCP/IP-устройство. Это означает, что можно со своего рабочего места дистанционно управлять процессом измерений, даже когда источник сигнала и digitizerNETBOX расположены в лаборатории или в испытательном корпусе. Дистанционное управление даёт возможность проводить измерения в небезопасных условиях, связанных с химическими производствами, взрывчатыми веществами, радиацией или близостью высокого напряжения. Можно также контролировать сразу несколько устройств, несмотря на то что объекты разбросаны на значительной территории.

Обнаружение прибора в сети. Сразу после подключения к Ethernet и включения питания digitizerNETBOX появится в списке

устройств сетевого окружения компьютера. Интегрированный веб-сервер в соответствии со стандартом LXI и имеющейся информацией об устройстве настроит конфигурацию и сообщит о текущем состоянии. Он также содержит последние версии программного обеспечения и документацию для загрузки, при этом нет необходимости прибегать к помощи дополнительных устройств для запуска digitizerNETBOX. Функция обнаружения Control Center Spectrum поможет вам найти и идентифицировать любой digitizerNETBOX, подключённый к сети. После запуска функции обнаружения информация об устройстве кэшируется и может быть доступна непосредственно для ПО SBench 6. Кроме этого, актуальный адрес VISA-библиотеки возвращается и может быть использован любым программным обеспечением для удалённого доступа. ■

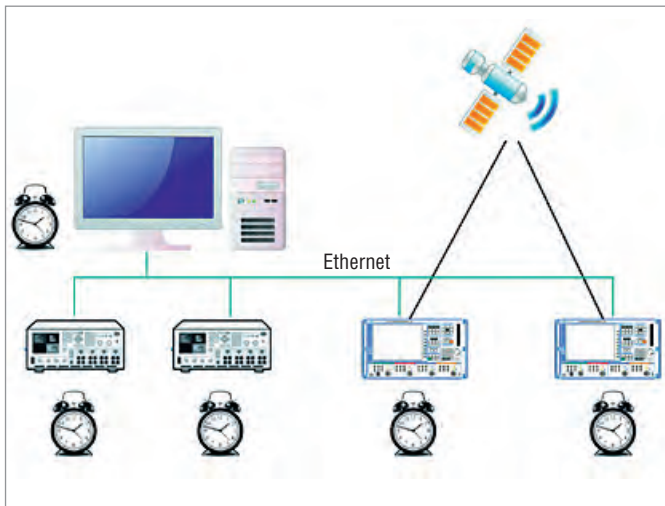


Рис. 6. Синхронизация LXI-приборов в соответствии с IEEE 1588

рес, TCP/IP-адрес, редакцию прошивки или ПО, текущее время IEEE 1588 PTP и LXI-адрес строки библиотеки VISA.

ТРЕБОВАНИЯ К ИДЕНТИФИКАЦИИ И МЕХАНИЗМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ

При помощи инструмента поиска устройств (**LXI Discovery Tool**) может быть обнаружен любой LXI-прибор, подключённый к локальной сети. На рис. 5 показано подключение с корпоративной ЛВС основного ПК и других LXI-устройств, которые будут видимы в меню компьютера. При этом совсем не важно, подключено ли устройство непо-

средственно к локальной сети или через коммутатор.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЙ

Сделаем краткий обзор применений LXI-устройств, подготовленный по материалам сайта <http://www.lxistandard.org>.

LXI-система тестирования спутниковой связи

Спутниковая связь реализует множество услуг, которыми мы постоянно пользуемся. Поскольку производительность системы сильно зависит от качества передачи данных, то инженерам, отвечающим за эксплуатацию оборудования, требовалось найти надёжный способ измерения группового времени за-

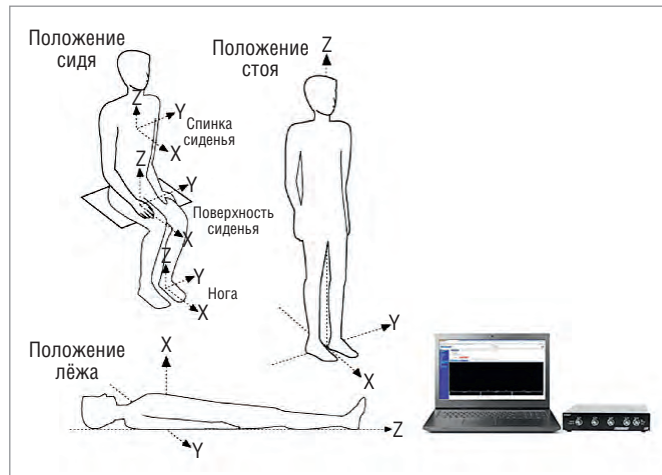


Рис. 7. Измерительная система для оценки воздействия вибрации на тело человека в соответствии с ISO 2631-1

держки в системе, у которой передатчики и приёмники географически удалены на значительные расстояния друг от друга. Решающим фактором для выбора аппаратной части системы явилось наличие у LXI возможностей синхронизации в соответствии с IEEE 1588 (рис. 6), что позволило в реальном времени организовать точное измерение относительного группового времени задержки преобразователей и смесителей, используемых в системе.

LXI для оценки воздействия вибрации на человека

Анализ воздействия вибрации на тело человека является одной из основных операций в обеспечении безопас-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ DIGITIZERNETBOX

Рассмотрим основные технические характеристики выпускаемых устройств.

DNx.46x и DNx.49x – это digitizerNETBOX с малой и средней частотой опроса от 200 ксэмпл/с до 60 Мсэмпл/с, с однополярными или дифференциальными входами.

Модели этих серий (рис. 8) имеют от 2 до 48 синхронных аналоговых входов с возможностью выбора одного из нескольких диапазонов входного сигнала, с программируемым смещением и с входным сопротивлением 50 Ом. Каждый канал может выступать в качестве источника запуска, обладая при этом многочисленными триггерными функциями, а кроме этого имеется два внешних за-



Рис. 8. DN6.496-48 digitizerNETBOX

пускающих входа. Все источники (внутренние и внешние) могут быть скомбинированы с логикой «И», «ИЛИ». Один из запускающих разёмов также может быть задействован как триггерный выход.

DNx.44x – это АЦП digitizerNETBOX с высокими частотами опроса от 130 до 500 Мсэмпл/с и разрешением 16/14 бит.

Уникальные для этого класса устройств частоты дискретизации и разрешение делают digitizerNETBOX серии DNx.44x (рис. 9) самыми быстрыми Ethernet/LXI-приборами на рынке. Кроме того, эти модели допускают установку самой большой встроенной памяти с объёмом хранения информации для каждого канала до 512 Мсэмпл. В дополнение, если какие-либо каналы не используются, их память можно объединять. Все модели серии DNx.44x выпускаются с однополярными синхронными каналами, число которых может быть от 2 до 24, и устанавливаемыми по выбору входами с высоким сопротивлением или

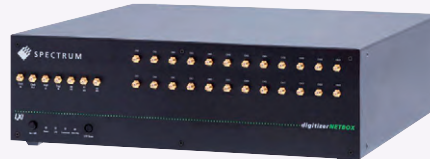


Рис. 9. DN6.441-24 digitizerNETBOX

с сопротивлением 50 Ом для лучшего качества приёма. Для всех каналов возможно прямое согласование или по переменному току, шумопоглощающий фильтр с ограниченной полосой пропускания. Аппаратные возможности могут быть расширены различными встроенными функциями цифровой обработки сигнала, активируемыми с помощью программных команд.

Приборы digitizerNETBOX предназначены для потребителей, работающих в различных отраслях промышленности, а также для инженеров-исследователей и разработчиков, которым необходимо полностью законченное и готовое к работе инструментальное решение. ■

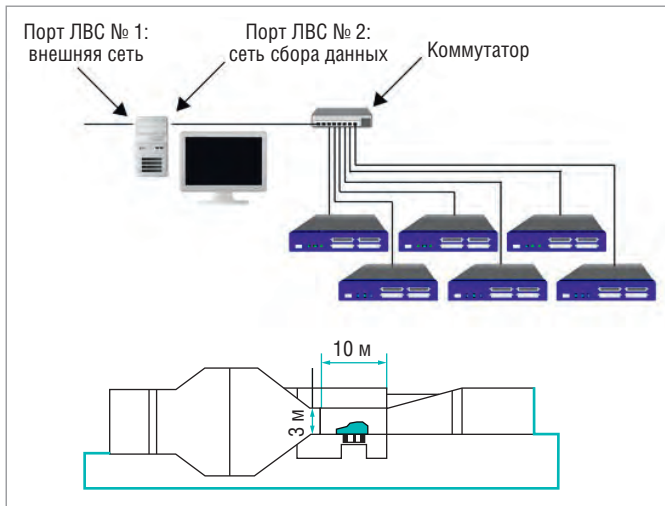


Рис. 10. Система сбора данных на основе Ethernet

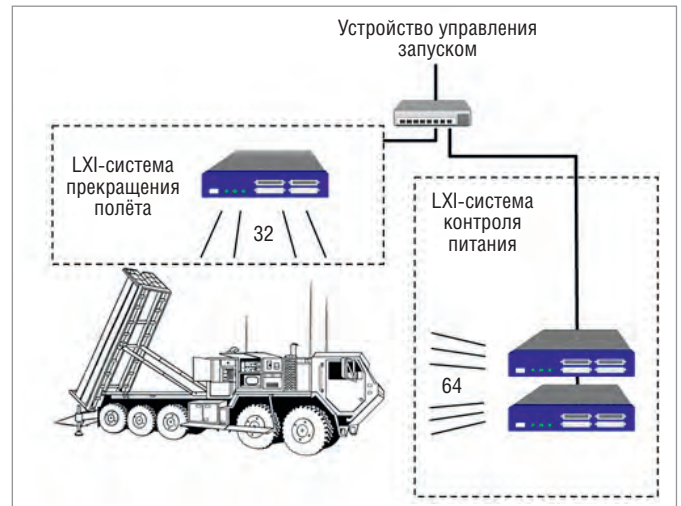


Рис. 11. Состав системы испытаний пусковой установки

ности и гигиены труда. Так, у водителей и операторов различных транспортных средств чрезмерная вибрация вызывает дискомфорт и различные риски для здоровья. Для измерения вибрации хорошо подходят устройства, работающие на основе локальных сетей. LXI-приборы обеспечивают готовое «решение с полки» (рис. 7), способное эффективно функционировать и удалённо контролировать вибрацию на рабочем месте. Измеренные данные в режиме реального времени передаются через Ethernet для дальнейшего анализа и оценки рисков здоровью или уровня комфортности.

LXI-система сбора данных аэродинамических испытаний

Испытания в аэродинамической трубе требуют от системы сбора данных наличия большого количества каналов, способности получения выборки непрерывно в течение длительного времени, а также надёжной передачи данных на компьютер, где они будут впоследствии обрабатываться и храниться. Представленная на рис. 10 LXI-система обеспечивает приём входных данных одновременно по 96 каналам со скоростью 216 ксэмп/с на канал, высокую точность синхронизации и запуска в реальном времени. Кроме этого система включает в себя встроенный веб-интерфейс, используемый для конфигурирования и быстрого устранения неисправностей, что необходимо в тяжёлых условиях эксплуатации в аэродинамической трубе.

LXI-система испытаний ракетной пусковой установки

Для испытания основных компонентов комплекса противоракетной оборо-

ны, включающего ракету-перехватчик, пусковую установку, радар и систему управления огнём, на базе передвижного ракетного комплекса была создана LXI-система тестирования (рис. 11). Система управления огнём является основой коммуникаций и управления данными, она связывает все компоненты в единый комплекс противоракетной обороны. По этой причине к системе тестирования предъявляются требования высокой точности и скорости сбора данных.

Изначально система строилась на оборудовании VXI, однако в процессе работы производитель довольно легко перешёл на LXI, что позволило ему при сохранении всех основных параметров существенно уменьшить размер и стоимость аппаратной платформы.

Тестовая LXI-система, состоящая из трёх модулей, использует в общей сложности 96 аналоговых каналов, из которых 64 контролируют напряжение и ток в цепях системы управления, а 32 дополнительных канала отвечают за механизм прекращения полёта, который отключит систему в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С того момента, когда была представлена первая спецификация LXI, прошло без малого 10 лет. Сегодня уже свыше 50 компаний-производителей, спонсирующих эту технологию, разработали более 2000 LXI-устройств для тестирования и измерений.

Резюмируя всё сказанное, отметим ключевые преимущества, которые позволят в будущем обеспечить LXI лидирующие позиции:

- открытый промышленный стандарт, стандартный интерфейс, простое

локальное и глобальное подключение;

- уменьшение трудозатрат и времени на интеграцию оборудования;
- экономия ресурсов: нет дорогостоящих интерфейсных карт и кабелей, нет необходимости в адаптерах, так как все компьютеры имеют Ethernet-порты;
- независимость от конкретного производителя, совместимость устройств различных компаний;
- возможность комбинирования устройств и создания гибридных контрольно-измерительных систем. Лучше всего LXI-устройства интегрируются в существующие тестовые системы, основанные на GPIB или модульной архитектуре VXI, PXI, PXI Express или AXIe, что позволяет перейти на новую технологию по мере готовности системы;
- нечувствительность к устареванию оборудования: благодаря соответствию требованиям обратной совместимости имеющиеся у потребителей LXI-приборы могут продолжать использоваться довольно долго и в будущем;
- встроенный протокол точного времени IEEE 1588 обеспечивает мощную, независимую от проводных соединений синхронизацию;
- мгновенный поиск устройств в сети с помощью автоматического обнаружения и быстрого устранения ошибок благодаря встроенному веб-браузеру. ●

Автор – сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru