



# Ethernet Вместо GPIB

Гулько С.В., ХОЛИТ Дэйта Системс, Киев

Согласно сложившемуся мнению, лучшее является врагом хорошего. А что если попробовать взглянуть на новации с другой стороны - не как на "убийц" старых технологий, а всего лишь как на еще один из вариантов решения одной и той же задачи? Ведь далеко не всегда более современная технология создается для того, чтобы полностью вытеснить своего предшественника. Зачастую она представляет собой просто параллельную ветку, которая предназначена для решения какого-то определенного класса задач. К сожалению, в руках слишком ретивых менеджеров, стремящихся вывести инновацию на рынок (читай - получению прибыли здесь и сейчас), она получает статус такой себе "killing technology", что, зачастую, не совсем корректно. В результате появляются ярые приверженцы, и не менее фанатично настроенные противники.

Современный инженер должен брать лучшее от всех технологий, ведь не бывает одного решения на все случаи жизни. Изучение новых подходов дает возможность несколько иначе взглянуть на инструментарий повседневного использования и сделать работу более эффективной. В этой статье речь пойдет о новой технологии, получившей название LXI - LAN eXtensions for Instrumentations.



В далеком 1972 году инженеры компании Hewlett-Packard представили вниманию сообщества шину

Hewlett-Packard Interface Bus (HP-IB), которая позднее развилась в более известную GPIB. В течение 30 лет GPIB являлась практически стандартом де-факто в системах контроля и тестирования. Позднее, в 1985 году, HP совместно с Tektronix, Wavetek, Racal-Dana и Colorado Data Systems разработали VXI, которая нашла применение в задачах авиакосмической и оборонной промышленности. В 2004 году Agilent Technologies (формально - HP) и VXI Technology, Inc. анонсировали проект LXI, который является комбинацией лучших черт GPIB и VXI. LXI сочетает в себе небольшой размер VXI модулей, высокую пропускную способность Ethernet и производительность GPIB. Для координации развития стандарта был создан консорциум LXI, который является неприбыльной организацией, объединяющей одной идеей компании, которые по многим вопросам являются конкурентами - Agilent Technologies, Keithley Instruments, National Instruments, Rohde & Schwarz, VXI Technology.

Что же представляет собой протокол, который объединил вокруг себя этих китов измерительной индустрии? Как уже отмечалось, сам протокол передачи данных базируется на Ethernet, что дает ряд преимуществ, например, возможность построения распределенных систем сбора информации. Можно выделить шесть ключевых моментов, которые потенциально позволяют LXI занять твердую позицию на рынке:

- скорость, простота, дешевизна, непрерывное улучшение и обратная совместимость локальных вычислительных сетей. Раз сам LXI имеет в основе передачи Ethernet, то это значит, что связать между собой устройства не будет составлять никакого труда;
- быстрая и легкая среда управления LXI-совместимыми устройствами сбора данных. Раз сами

устройства представляют собой точки в сети, логично было бы предположить, что пользовательский интерфейс будет создан с использованием web-технологий. Такой подход дает возможность получить доступ к настройкам прибора через обыкновенный web-браузер;

- наличие единого интерфейса для создания драйверов и программирования дополнительных функций устройств посредством использования технологии IVI;

- возможность создания гибридных сетей, которые могут включать в себя устройства, работающие по протоколам LXI, GPIB, VXI, PXI, CANBus и т.д.;

- высокая производительность системы и обработка событий на аппаратном уровне с использованием триггерного режима;

- синхронизация локальных и удаленных инструментов осуществляется на основе протокола IEEE 1588.

Давайте попробуем более подробно познакомиться с технологией LXI. Итак, шина передачи данных - Ethernet. Современные технологии позволяют получать скорости передачи данных в десятки гигабит в секунду, используя для этого доступное и недорогое оборудование. Сейчас уже никого не удивит скоростями в 1 Гбит, постепенно входит в практику использование 10-гигабитных каналов. А добавьте к этому и беспроводные сети стандарта WiFi или WiMAX - это же тоже Ethernet, и перед Вами открываются доселе недостижимые горизонты. Оборудование может быть разнесено как угодно далеко, даже находиться в разных концах земного шара, нужно лишь, чтобы был доступен Internet. LXI позволяет убрать дополнительное звено в виде многих знакомых преобразователей или конвертеров интерфейсов типа RS-232 в Ethernet (или чего-либо в Ethernet) - все приборы и так работают в одной сети!

Согласно спецификации, LXI устройства должны уметь самостоятельно определять оптимальную скорость работы в сети и работать как в одностороннем режиме, так и в режиме полного дуплекса, поддерживать как прямой, так и перевернутый соединительный кабель (за это системные администраторы должны сказать отдельное спасибо).

В Ethernet существует два типа адресации - статическая и динамическая. В обоих случаях устройству назначается уникальный IP адрес, который позволяет однозначно идентифицировать его. При статическом назначении адреса IP все сопутствующие параметры (маска сети, имя, шлюз, DNS) должны быть указаны вручную. Такой подход достаточно распространен и неплохо работает в небольших сетях, когда нет необходимости вести большую базу использованных адресов.

При росте количества компьютеров/оборудования в сети иногда более целесообразно использование DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) - протокола динамической конфигурации. Технология настройки с точки зрения конечного пользователя предельно простая - в разъем вставляет кабель, проходит некоторое время (2..5 секунд) и система уже готова к работе в сети. Конечно, за кажущейся простотой стоит работа программного обеспечения, которое позволяет вести учет MAC адресов сетевого оборудования, назначать по этим адресам IP и другие необходимые параметры. Какой из подходов применять - зависит от конкретного случая. Если Вы работаете в небольшой лаборатории, где нет выделенного компьютера, отвечающего за предоставление сервиса DHCP, удобнее будет просто вручную ввести адреса через панель администрирования. Для большей же организации использования динамической конфигурации, скорее всего, будет являться стандартным решением.

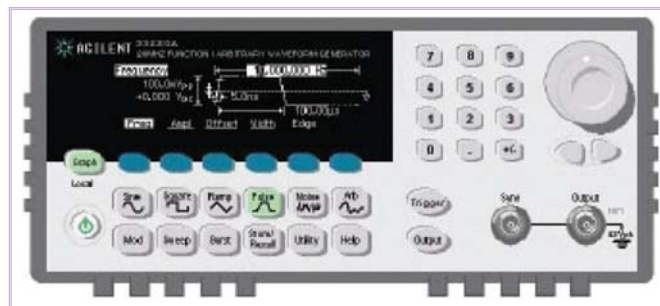
LXI также рекомендует включать поддержку DDNS - динамических серверов имен, чтобы предоставить возможность оборудованию публиковать собственные имена в сети.

### Настройка и управление

Сейчас все больше и больше устройств, работающих в сети, оснащаются встроенным web-сервером, обеспечивающим доступ к страницам настройки и управления. В принципе,

на стороне этого сервера может находиться сколь угодно сложное приложение, которое потом будет доставлено клиенту. Такой подход позволяет избежать сложностей с установкой какого-либо ПО на собственный компьютер, плюс является кросс-платформенным решением. Ведь контент сервера может быть прочитан любым браузером и при любой операционной системе.

Стартовая панель управления прибором может выглядеть приблизительно так, как показано на рисунке ниже.



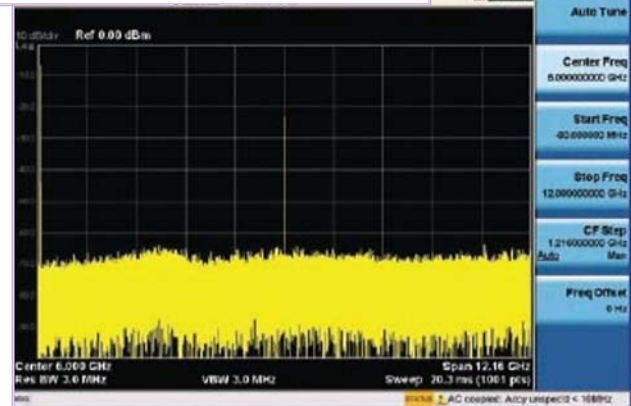
Почему приблизительно? Просто каждый производитель имеет возможность создавать собственный дизайн и компоновку элементов, однако информация, которая присутствует на первой странице, должна соответствовать спецификации LXI и должна включать в себя название и описание продукта, серийный номер, имя хоста (собственное или присво-

енное по DHCP), строку-идентификатор VISA, а также номер порта для доступа через telnet и сокету.

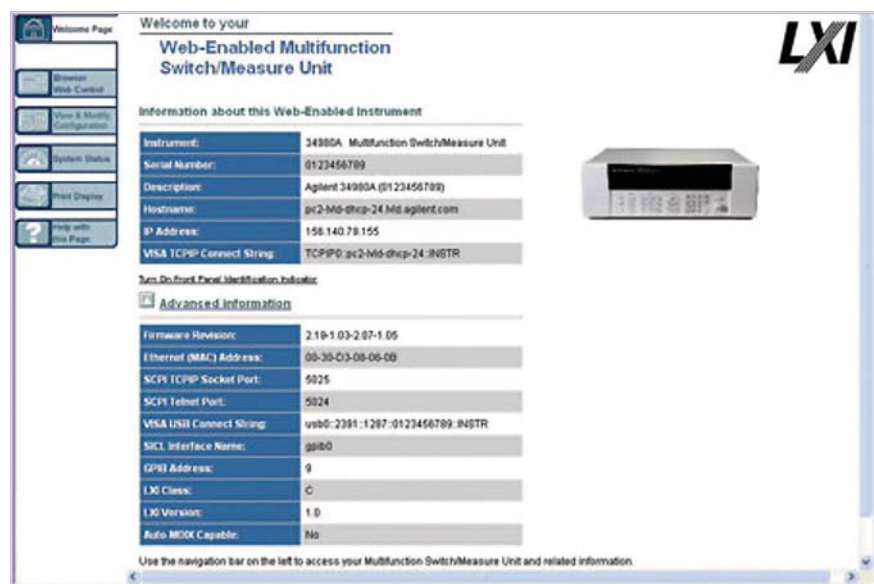
Используя web-панель, пользователь может легко изменить все параметры настройки устройства, включая настройки безопасности.

Одна из очень полезных особенностей web-панелей состоит в том, что помимо статической информации в них можно встраивать программы, созданные на Java или flash. Эти приложения могут обладать богатым пользовательским интерфейсом, что делает их пригодными для создания панелей

оператора, которые имитировали бы лицевую панель самого прибора. Например, Java приложение может в реальном



времени общаться с установленным на "борту" оборудованием и отображать полученную информацию на экране,



повторяя таким образом работу осциллографа, который в реальности может находиться в другом помещении или здании.

### Программирование

Программное обеспечение для управления LXI-устройствами строится на основе технологии VISA (Virtual Instrument Software Architecture), которая предлагает определенный набор команд и функций для работы с вводом-выводом и передачей данных по сети. Использование VISA позволяет получить преимущества ввиду определенной стандартизации процесса программирования. Даже если сегодня пользователь использовал LabVIEW для управления своим LXI оборудованием, а завтра решит перейти на другую среду, например, MATLAB, то методология работы все равно останется прежней. Не хотелось бы делать далеко идущих прогнозов, но, если учесть, что National Instruments входит в альянс на правах участника, принимающего ключевые решения, то можно предположить, что LabVIEW будет если не одним, то, во всяком случае, самым распространенным инструментарием для высокоуровневой разработки.

Стандарт LXI требует от производителя изделия разработки двух типов драйверов - IVI-COM и IVI-C. Первый основан на распространенной архитектуре COM, предложенной Microsoft, и позволяет использовать практически любой из современных языков программирования. API представляет собой из себя нестрогую иерархию классов, которая позволяет получить все преимущества объектно-ориентированного подхода к программированию.

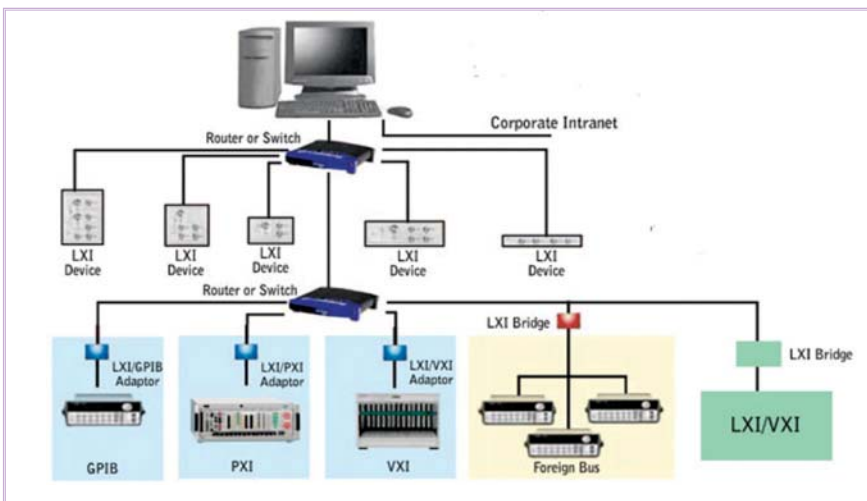
IVI-C драйвера представляют собой более низкоуровневое решение, созданное на C или C++. Потенциально существует возможность получить исходные тексты самих драйверов, чтобы адаптировать их под другие операционные системы, например, Linux. Интересно, что National Instruments выступил в качестве одного из немногих поборников идеи свободного ПО, предоставив широкие возможности для портирования.

### Гибридные сети

Хорошая технология не может быть вещью в себе. Существующая на настоящий момент огромная база измерительного оборудования будет использоваться еще долгое время и отказываться от нее никто не станет.

В настоящий момент существуют два подхода, позволяющие строить гибридные сети, включающие в себя как LXI, так и не-LXI оборудование.

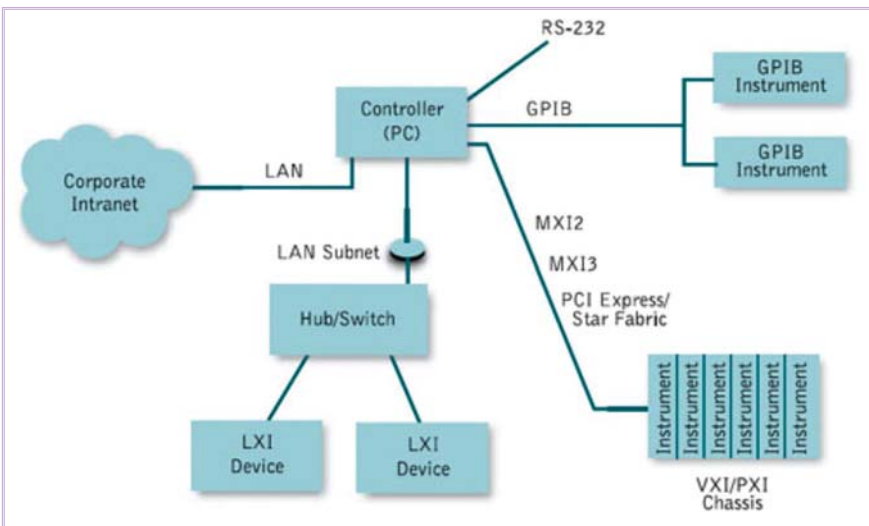
Один из вариантов представляет собой следующее - есть компьютер, к которому подключаются не-LXI устройства. Это может быть все что угодно - ISA, PCI, RS-232/485, USB, GPIB и т.д. Специальное же программное обеспечение позволит сделать из компьютера своего рода LXI-роутер, который, с одной стороны, возьмет на себя управление всем набором подключенного оборудования, а с другой - будет транслировать локальную информацию в сеть Ethernet. Желательно, чтобы компьютер обладал двумя независимыми сетевыми интерфейсами, один из которых будет подключен к локальной сети, а второй - использоваться исключительно для



Поэтому достаточно много внимания было уделено разработке вариантов, позволяющих интегрировать в единую сеть приборы с разными интерфейсами.

коммуникации с другими LXI устройствами. Использование двух портов Ethernet позволит избежать потерь производительности, которые потенциально возможны при однопортовой конфигурации, например, из-за того, что будет проводиться регулярный обмен данными с системами их хранения.

Второй подход состоит в применении аппаратных преобразователей интерфейсов, например, LXI-PXI. Плата расширения устанавливается в слот расширения соответствующей крейтовой системы и играет роль своего рода моста между двумя "мирами". Такая плата является LXI устройством, полностью соответствующим спецификации, с поддержкой всех необходимых сетевых протоколов, встроенным web-сервером, обеспечивающим настройку через браузер, и драйвером IVI.



Для того, чтобы обеспечить взаимодействие с устройствами, находящимися "за преобразователем", необходимо специальное аппаратное и программное обеспечение. Например, преобразователь GPIB-LXI должен не только иметь поддержку шины

был обусловлен тем, что микросхемы, обладающие необходимой функциональностью, доступны для коммерческого использования уже сейчас.

Одним из преимуществ LVDS является то, что передача сигнала может быть осуществлена на большие

расстояния по стандартной витой паре. Использование многоточечного варианта протокола позволяет обеспечить работу в режиме многоточка-многоточка и дает возможность организовать работу триггерной шины (trigger bus) по методу "проводного ИЛИ". Это также дает возможность обеспечить работу шины в случае отключения одного или нескольких соединенных в сеть устройств LXI.

Существует 8 синхронизационных каналов и устройство LXI должно уметь работать со всеми ними - как принимать сигналы, так и передавать их на необходимую линию.

Сеть LXI и программные триггеры также используют логическую восьмиканальную модель. Это дает возможность управлять триггерами через сигналы временной синхронизации протокола IEEE 1588.

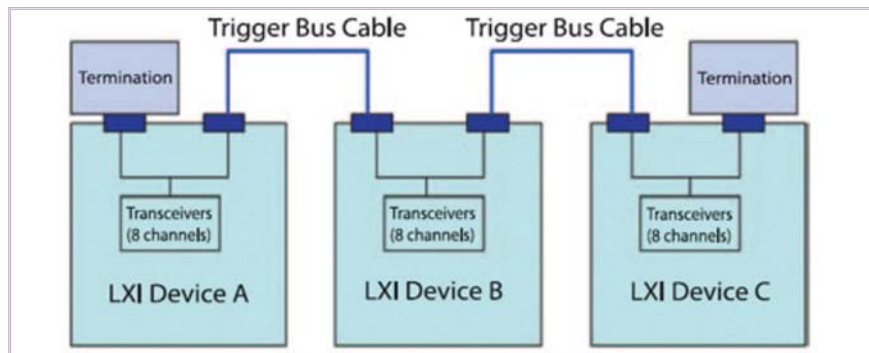
Коннектор, используемый в WTB, является коммерческой версией 25-контактного соединителя MicroD. Это миниатюрный разъем, который занимает немного места на лицевой панели LXI устройства и при этом обладает фиксаторами, прочно удерживающими его после подключения.

Кабель, которым подключаются устройства, критически важен для кор-

ректной работы всей системы. Он содержит восемь проводов, чтобы обеспечить восемь линий передачи синхροимпульсов. Каждый провод имеет отдельную экранировку, позволяющую свести к минимуму взаимные помехи. Отсутствие индивидуальной изоляции привело бы к тому, что наличие потенциала между каналами вызвало бы временную флуктуацию, что недопустимо.

Основные возможности и преимущества применения WTB:

- восемь независимых каналов;
- все LXI устройства, поддерживающие WTB, обладают общим интерфейсом для подключения;
- WTB позволяют свободно работать в локальной сети и обмениваться синхροимпульсами, так как использует аналогичную Ethernet структуру;
- WTB позволяет объединить в одну цепь до 16 устройств. Возможность обмена данными сохранится, даже если часть из них будет отключена;
- триггерные импульсы обладают меньшей задержкой и более высокой помехозащищенностью по сравнению с Ethernet;
- в режиме Driven LXI устройства могут обмениваться триггерными сообщениями с разрешением до 10 нс (для этого длина кабеля не должна превышать 10 метров);
- поддержка архитектуры типа "звезда" через хабы и концентраторы, что дает возможность строить масштабные измерительные сети;
- простота использования входных и выходных триггерных сигналов, основанных на спецификации Ethernet. Эта функция позволяет нормально взаимодействовать с LXI даже при использовании самого обычного компьютера.



расстояния по стандартной витой паре. Использование многоточечного варианта протокола позволяет обеспечить работу в режиме многоточка-многоточка и дает возможность организовать работу триггерной шины (trigger bus) по методу "проводного ИЛИ". Это также дает возможность обеспечить работу шины в случае отключения одного или нескольких соединенных в сеть устройств LXI.

Устройства, находящиеся за мостом, могут иметь собственные механизмы синхронизации, отличные от IEEE 1588, однако сам мост должен полностью поддерживать данный протокол, так как его внешняя часть включена в LXI-сеть.

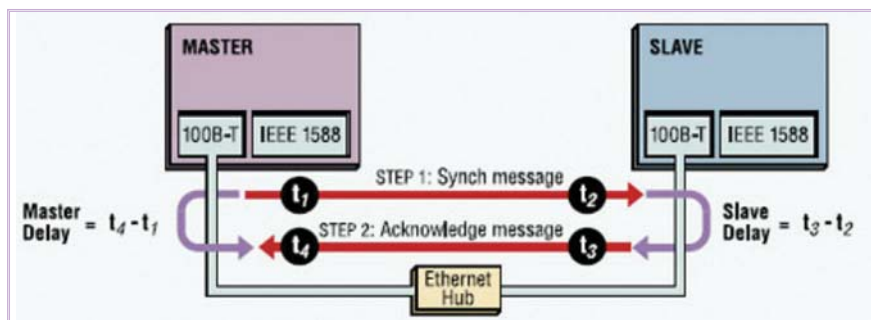
### Триггеры

При разработке стандарта LXI была поставлена цель построить похожий по характеристикам на VXI/PXI механизм триггеров (управление событиями), при этом позволяющий использовать более общие и единые механизмы обмена между устройствами. В результате была создана технология WTB (Wired Trigger Bus), которая дополняет уже существующие в Ethernet методы синхронизации новыми, присущими только модульной измерительной аппаратуре, подходами.

Так как LXI не является крейтовой технологией, для синхронизации необходимо использовать возможности, уже присутствующие в кабеле и коннекторах, которыми соединяются устройства. В основу спецификации был положен метод многоточечной низковольтной передачи дифференциальных сигналов (Multipoint Low-Voltage Differential Signaling M-LVDS), который является частью стандарта TIA/EIA-899-M-LVDS. Такой выбор

### Механизмы синхронизации

Стандарт IEEE 1588, лежащий в основе механизмов синхронизации LXI, является одним из ключевых преимуществ данной шины. Его применение позволило значительно улучшить характеристики стандартного Ethernet



путем внедрения механизмов, обеспечивающих высокую точность управления временем, что является очень важным для высокоскоростных измерений.

В распределенной системе LXI устройства выполняют задачи измерения самостоятельно, независимо от основного контроллера, и синхронизируются с использованием часов реального времени, которые являются обязательной частью каждого прибора. Стандарт IEEE 1588, также известный под названием Протокол Точной Синхронизации (Precision Timing Protocol) позволяют синхронизировать внутренние часы прибора с часами мастер-хоста, которые являются центральными для всей измерительной сети.

Протокол PTP разрабатывался для работы в Ethernet, он не требует применения какого либо дополнительного оборудования и кабелей, так как основывается исключительно на программных решениях и специфике работы самой сети. Такая неприхотливость, плюс высокая надежность и точность, делают его идеальным кандидатом для применения в задачах сбора данных, где очень важна четкость и последовательность выполнения операций и их корректная синхронизация во временной плоскости. Возможности, заложенные в PTP, позволяют поддерживать одинаковое время на всех хостах измерительной сети LXI с точностью до 10 нс. Конечно, чтобы получить такое значение, сеть должна быть соответствующим образом сконфигурирована и задействованы экранированные соединительные кабели с максимальной длиной до 10 м. В обыкновенной локальной сети без применения каких-либо ухищрений можно получить точность порядка 100 нс, что недостаточно.

В сети, где планируется применение PTP, выбирается один из участников (LXI устройство, компьютер или сервер с поддержкой PTP), обладающий наиболее точными часами, который становится ведущим (Master). В его задачу входит регулярная отправка широкоэмитальных сообщений синхронизации. Все устройства, подключенные к данной сети, будут получателями данной передачи. После получения синхроимпульса, ведомые (Slave) устройства отправляют сообщение подтверждения. Для каждого из четырех событий ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ) происходит извлечение временной метки, так называемого timestamp. Как известно, существует несколько вариантов

получения текущего времени в системе. Первый и наиболее очевидный – извлечение данной информации с помощью сервисов операционной системы. Метод вроде бы и неплохой, однако он недостаточно (для целей LXI) скоростной. Чтобы избежать задержек при получении timestamp после прихода/отправки сигнала, решено было извлекать необходимые данные из заголовков протокола TCP. Эта информация обрабатывается на аппаратном уровне микрокодом сетевой карты и на самом нижнем уровне – стеке TCP/IP операционной системы.

Используя четыре временных метки, LXI устройство может рассчитать время, которое было необходимо для доставки сообщения. Результаты этого вычисления используются для определения смещения времени и Slave-устройства относительно Master. Пересчет смещения производится регулярно, через строго заданные интервалы времени. Такой подход дает возможность поддерживать системные часы всех приборов в синхронизированном относительно Master-устройства состоянии.

Стандарт IEEE 1588 является ключевым преимуществом распределенной технологии среды LXI, так как позволяют получить отличные показатели синхронизации времени, ранее присутствующие исключительно крейтовым системам с центральной шиной.

## Выводы

Стандарт LXI объединил в себе подходы, совместное использование которых в случае применения других технологий потребовало бы большого количества доработок и многочисленных компромиссов. Пользователь может воспользоваться простотой GPIB, производительностью VXI, гибкостью и функциональностью Ethernet, и делать это одновременно. После опубликования первой версии стандарта, число готовых изделий начало стремительно расти. Серьезные игроки рынка измерений, такие как National Instruments, Agilent Technologies, Rohde & Schwarz уже сейчас выпускают приборы, ориентированные на LXI. Так что, как видите, существует масса предпосылок, почему Ваша следующая измерительная система может иметь в качестве шины именно LXI.



### КОНТАКТЫ:

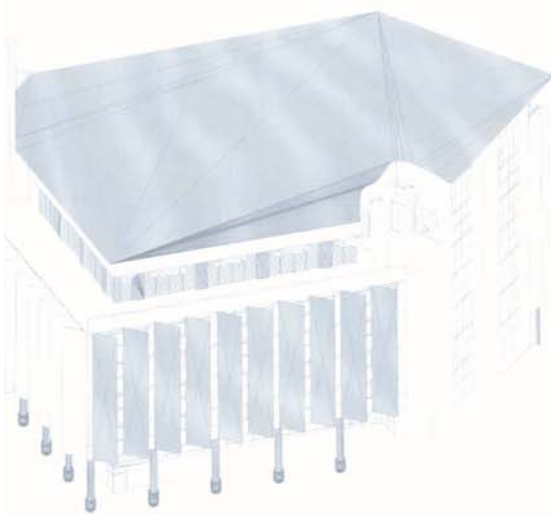
тел: (044) 241-87-39  
e-mail: s.gulko@isagraf.com.ua

Dräger IMS 7000 / 7100



Спектрометр ионной подвижности для обнаружения токсичных газов и следов боевых отравляющих веществ в целях защиты зданий. Каждый прибор распознает до 16 веществ и определяет концентрации каждого из них в нижнем диапазоне концентраций ppb ( $\text{мкг/м}^3$ ).

Отличается исключительной избирательностью и сверхвысокой чувствительностью. Не нуждается в вакуумных или специальных газовых носителях и сложной настройке. Имеет низкие эксплуатационные расходы и быстрое время отклика.



ГАЗОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

**ГИС**  
СИСТЕМЫ

ООО "Газоизмерительные системы"  
Эксклюзивный дистрибьютор газоизмерительных систем Dräger Safety  
Донецк: +38 (062) 381 9673, факс 9142  
Киев: +38 (044) 288 5058

[www.gasmanager.com.ua](http://www.gasmanager.com.ua)