

Встраиваемые коммутаторы Ethernet: время пришло

Рольф-Дитер Зоммер, Франк Вай

В статье описываются практические преимущества применения встраиваемых коммутаторов, дан краткий экскурс по технологиям резервирования Ethernet. Также рассмотрены технические особенности встраиваемого модуля Hirschmann EES20, возможные способы его применения.

Встраиваемые системы — термин не новый. Процессорные модули и чипы, интегрированные в автомобили, домашние кинотеатры, смартфоны, бытовую технику, изменили не только продукцию различных отраслей промышленности, но и жизнь в целом. Торговые выставки, возникшие в рамках развития этого направления, превратились в регулярные мероприятия мирового уровня: выставка Embedded World в Нюрберге отпраздновала 10-летний юбилей, конференции Embedded Systems в Силиконовой долине исполнилось 24 года.

Сегодня 98% коммутаторов Ethernet являются внешними физическими устройствами. Такое выделение коммутаторов приводит к автоматическому разграничению коммуникационных и прикладных задач. Однако существующие тенденции к созданию высокоинтегрированных устройств, с одной стороны, и к постоянному снижению габаритов системы и её себестоимости, с другой стороны, наводят на мысль о разработке коммутаторов Ethernet, встроенных в компоненты автоматизации промышленной техники.

ОТ ВНЕШНИХ КОММУТАТОРОВ К ВСТРАИВАЕМЫМ

Первые встраиваемые управляемые коммутаторы были представлены около двух лет назад. Данные устройства были разработаны для интеграции на базовую плату бортовых систем. Мы видим, что встраиваемые системы широко применяются в самой разной технике, и ожидаем, что встраиваемые коммутаторы станут неотъемлемой частью промышленной автоматизации. Разработчики средств автоматизации получают возможность создавать системы

с меньшими габаритами и встроенными возможностями передачи данных по протоколам ProfiNet, Ethernet/IP, EtherCAT (рис. 1, 2). Этапы развития промышленных коммуникаций, начиная от появления технологии Ethernet более 20 лет тому назад, представлены на врезке «Краткий экскурс в историю промышленных коммуникаций».

Интегрирование Ethernet-технологий в устройство с нуля — непростая задача. Встраиваемые Ethernet-модули заполняют огромный пробел между внешними управляемыми коммутаторами и коммутационными чипами, интеграция которых является серьёзной задачей для разработчиков. Если говорить о разработке встраиваемого коммутатора, то эта задача значительно облегчается, так как наукоёмкие этапы здесь уже пройдены. От разработчиков не требуется глубоких знаний Ethernet-технологий, и можно полностью сфокусироваться на реализации необходимых функций.

Использование встраиваемых коммутаторов не только приводит к снижению времени разработки системы, но и способно уменьшить её габариты для тех приложений, где, как говорится, размер имеет значение.

Появление встраиваемых коммутаторов Ethernet в промышленном оборудовании — признак того, что задачи контроля и управления неразделимы с коммуникационными задачами. Компания ARC Advisory Group, занимающаяся исследованиями в области промышленности и инфраструктуры, в 2011 году опубликовала отчёт под названием «Встраиваемые коммутаторы Ethernet в конечных устройствах (средства ввода/вывода и человеко-машинного интерфейса, приводы) могут снизить стоимость системы, упростить структуру сети, увеличить производительность и повысить гибкость топологии».

Полупроводниковые технологии позволили уменьшить габариты коммутаторов за счёт применения более компактных по площади печатных плат. Коммутационные чипы становятся более миниатюрными и многофункциональными, вследствие чего все функции коммутатора Ethernet могут быть реализованы на компактной печатной плате, которая встраивается в компоненты промышленной автоматизации. Такое решение, кроме миниатюризации устройств, позволяет обойтись меньшим количеством необходимых соединительных проводов и разъёмов.



Рис. 1. Внешний вид встраиваемого Ethernet-модуля Hirschmann EES20

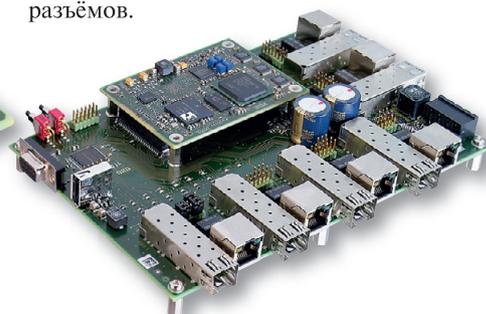


Рис. 2. Встраиваемый коммутатор Ethernet с модулем Hirschmann EES20 (сверху)

Первым приложением, где использовались встраиваемые коммутаторы Ethernet, был контроль датчиков и исполнительных механизмов, затем к этому списку добавились задачи логического и дискретного контроля, сбора данных и, наконец, когда Ethernet достиг производительности, достаточной для работы в реальном времени, — задача динамического контроля скорости вращения.

Средства автоматизации с интегрированными коммутаторами Ethernet обладают весомыми дополнительными достоинствами в глазах конечного заказчика. Возможность сэкономить появляется не только на стадии разработки системы, но и на этапе эксплуатации. К примеру, стоимость встраиваемого коммутатора Ethernet составляет 20–25% от стоимости отдельного коммутатора со схожими возможностями, поэтому общая стоимость будет ниже. Отдельно стоит учесть экономию на соединительных проводах и подводке питания, сервисе и поддержке, которые проще получить по одному устройству, чем по двум.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВСТРАИВАЕМЫХ ETHERNET-МОДУЛЕЙ

Управляемые встраиваемые Ethernet-модули представляют широкий

набор сетевых функций, востребованный средствами промышленной автоматизации, в плане поддержки различных сетей и протоколов. С ними упрощается предоставление данных, собранных с конкретного оборудования, в центральную сетевую систему управления. Сетевые утилиты, такие как Hirschmann HiVision, позволяют операторам централизованно управлять сетевыми устройствами, а также обновлять ПО и конфигурацию устройств. В дополнение к этому сетевые утилиты обеспечивают предоставление сервисов тревог, обработку событий, поддержку баз данных и log-файлов.

Централизованное сетевое управление является важным элементом промышленной сетевой инфраструктуры, наряду с резервированием, конфигурируемыми типами портов, функционированием в реальном времени, удалённым обновлением ПО. Другими важными факторами при выборе встраиваемых модулей Ethernet служат их промышленное исполнение и возможность получения технической поддержки.

Резервирование

Новые стандарты повышения надёжности сетей и сетевого резервирования PRP (Parallel Redundancy Protocol) и HSR (High Speed Redundancy) предполагают преодоление сбоя в сети без

прекращения передачи данных (нулевое время восстановления). Таким образом, Ethernet становится пригодным для критически важных приложений. С адаптацией PRP и HSR для сетей Ethernet исчезают последние барьеры к повсеместному применению этих сетей в промышленных средах. Подробнее протоколы PRP и HSR представлены на врезке «Стандарт IEC 62439. Высоконадёжные сети для критически важных приложений».

Функционирование в реальном времени

Стандарт IEEE 1588 v2 особенно важен для распределённых систем автоматизации. Протокол PTP (Precision Time Protocol), описанный в стандарте IEEE 1588, устанавливает синхронизацию часов распределённых средств автоматизации с точностью менее 1 микросекунды. На рис. 4 представлена функциональная схема встраиваемого Ethernet-модуля Hirschmann EES20. На ней показано, что за реализацию PTP отвечает отдельный функциональный блок, физически представляющий собой специальную микросхему. Контроль скорости вращения, робототехника, измерения в распределённых системах (сейсмических и др.) — наиболее характерные примеры применения модуля EES20.

Краткий экскурс в историю промышленных коммуникаций

На рис. 3 показано несколько значимых этапов в развитии Ethernet-коммутаторов: от оригинальных коммерческих систем, оптимальных для офисных коммуникаций, до отказоустойчивых промышленных коммутаторов, предназначенных для критически важных производственных приложений.

Технологии Ethernet уже более 20 лет. За эти годы стек протоколов был неоднократно перестроен и расширен для того, чтобы удовлетворять условиям не только офисной сетевой среды, но и промышленных приложений с характерным упором на детерминизм и отказоустойчивость. Топологии сетей Ethernet развивались от цепочек к звёздам и от колец к сетям со смешанной топологией. Последние две топологии подразумевают схемы резервирования каналов связи, необходимые для обеспечения отказоустойчивости в промышленных приложениях.

Такое наступление Ethernet-технологий позволило стандарту Ethernet укрепиться в промышленных сетях. Резервирование — важное понятие в промышленной автоматизации, где любая остановка технологиче-

ского процесса может быть опасной и стоить дорого. Такие протоколы, как MRP (Media Redundancy Protocol), позволяют производителям создавать высокодетерминированные сети с резервированием, а RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) серьёзно сокращает скорость восстановления сети после сбоя. Однако для некоторых приложений миллисекунды, необходимые сети для восстановления в случае сбоя, — это слишком долгий срок. В отдельных случаях

даже микросекундные задержки недопустимы. Например, когда по сети передаются результаты измерения значений силы тока и напряжения на подстанции, требуется резервирование с нулевым временем восстановления в случае сбоя. Технологии, использующие параллельное резервирование по протоколу PRP (Parallel Redundancy Protocol) и «бесшовное» резервирование HSR (High Speed Redundancy), позволяют удовлетворить эти требования. ■

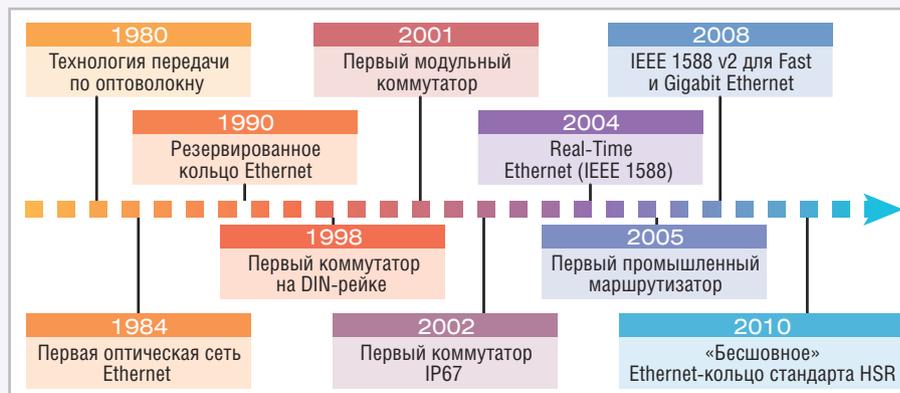


Рис. 3. Этапы развития Ethernet-коммутаторов

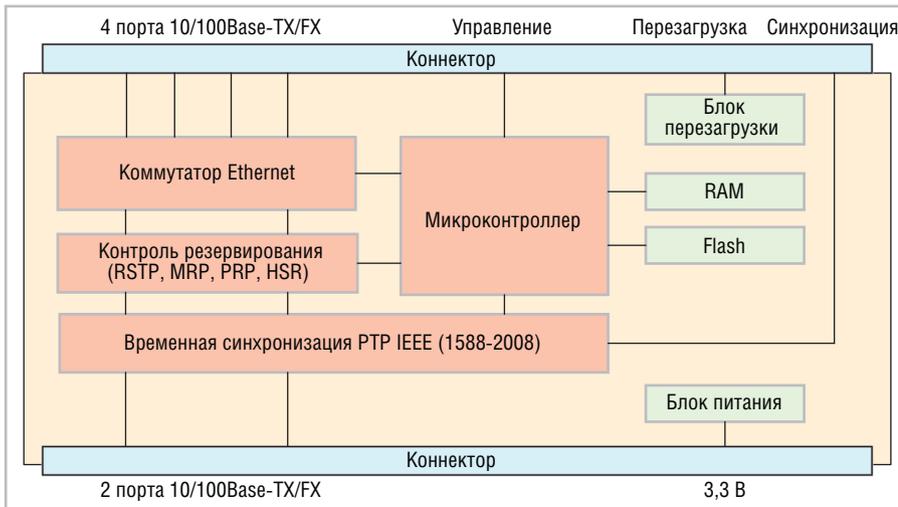


Рис. 4. Функциональная схема встраиваемого Ethernet-модуля Hirschmann EES20

Удалённое обновление программного обеспечения

Возможность проводить модернизацию встраиваемого Ethernet-модуля с помощью программных средств – ещё одна привлекательная особенность. После интеграции модуля в конечное устройство и сдачи его в эксплуатацию можно производить обновление ПО дистанционно.

Промышленное исполнение

Встраиваемые модули Ethernet для применения в средствах промышленной автоматизации должны иметь промышленное исполнение, чтобы отвечать основным требованиям эксплуатации в жёстких условиях окружающей среды. Несмотря на то что модуль будет установлен внутри корпуса устройства, само устройство может находиться в

агрессивной среде и не обеспечивать должного уровня защиты внутренних компонентов. Поэтому дизайн встраиваемых модулей Ethernet подразумевает использование чипов с расширенным диапазоном рабочих температур. Также особое внимание уделяется равномерному распределению тепла по печатной плате, так как образование горячих точек приводит к повышению вероятности отказа изделия. Для защиты от высокой влажности и агрессивных летучих соединений применяется специальное конформное покрытие печатной платы и napаянных элементов.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

В качестве примера применения встраиваемых Ethernet-модулей можно привести производство продуктов питания. Данный процесс сопровождается постоянной чисткой и промыванием оборудования специальными жидкостями и химикатами под высоким давлением. В номенклатуре оборудования имеются как морозильники, так и печи, поэтому диапазон рабочих температур весьма широк.

СТАНДАРТ IEC 62439. ВЫСОКОНАДЁЖНЫЕ СЕТИ ДЛЯ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В отличие от коммерческих сетей, где на первом месте стоит пропускная способность, а короткие сбои связи допустимы, промышленные сети должны обладать высокой степенью доступности, так как даже короткие перемены в связи могут иметь более серьёзные последствия. Например, в случае контроля поточного производственного процесса задержки в передаче данных могут вызвать порчу партии товара, сбой в передаче данных на электрических подстанциях – аварийное отключение электроэнергии и т.д. На первой врезке показана эволюция технологий резервирования каналов связи по годам, однако большинство представленных методов основано на переконфигурировании сети в случае сбоя, что неизбежно требует кратковременного прекращения передачи данных на время переключения канала. Даже если речь идёт о паузе микросекундного диапазона, она должна быть заранее учтена как возможная в технологическом процессе.

Стандарт IEC 62439 описывает протоколы PRP (Parallel Redundancy Protocol) и HSR (High Speed Redundancy) сетей с высокой доступностью для критически важных приложений, определяющие поведение сети в случае сбоя отдельных узлов или каналов связи. Точнее, они обеспечивают резервирование сети с нулевым временем восстановления в случае единичного сбоя путём дублиро-

вания данных с передачей по разным маршрутам. Если данные по одному из маршрутов не доходят, получатель использует их копии, прошедшие по второму маршруту. В нормальном режиме дубли попросту удаляются.

Протокол PRP удовлетворяет требованиям жёсткого реального времени в критически важных приложениях, например, при автоматизации электрических подстанций. Как уже понятно из названия, параллельное резервирование означает одновременное использование двух одинаковых сетей с целью резервированного обмена данными. При отказе узла или канала передачи в одной сети система использует вторую сеть, причём

процесс протекает так же, как и в случае с HSR, с нулевой задержкой. Протокол HSR предполагает использование специальных оконечных устройств: SAN (Single Attached Node) и DAN (Double Attached Node) с тремя встроенными портами Ethernet. Один из трёх портов предназначен для внешних данных, два оставшихся порта используются для включения в сеть с кольцевой топологией. Оба порта синхронно пересылают копии данных по кольцу в обоих направлениях. Ещё один тип специальных устройств для реализации протокола HSR – RedBox (Redundancy Box). Оно позволяет подключать любые сетевые устройства к HSR-сети (рис. 5). ■

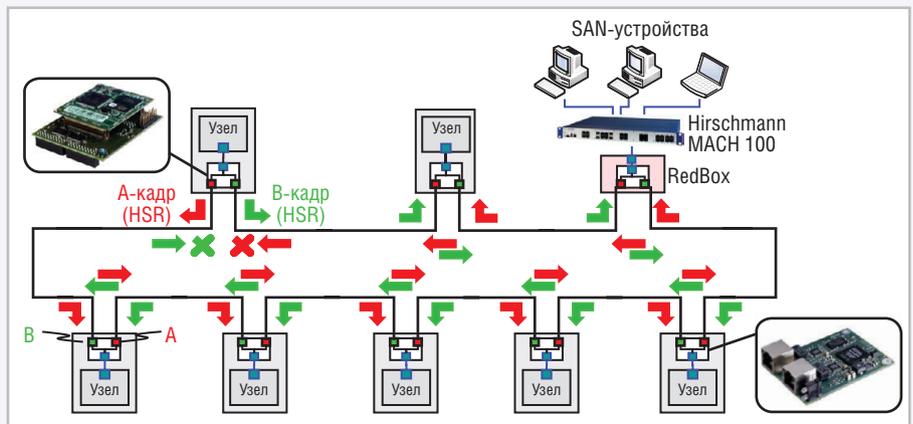


Рис. 5. Вариант смешанного применения многопортовых внешних коммутаторов и встраиваемых модулей

Желание обойтись как можно меньшим количеством единиц оборудования на производстве естественно. Если использовать средства автоматизации с интегрированными коммутаторами, то со снижением количества оборудования уменьшается вероятность сбоя, стоимость владения также становится более привлекательной. В приборостроении во главу угла выходит другое достоинство встраиваемых коммутаторов — экономия места, то есть компактность. К прибору не требуется подключать внешний коммутатор, потому что все функции уже интегрированы в него.

В плане функциональности внешние коммутаторы не отличаются от встраиваемых, у последних также существуют варианты форм-факторов и интерфейсов. На рис. 5 показан вариант смешанного применения многопортовых внешних коммутаторов и встраиваемых модулей.

Встраиваемые коммутаторы наиболее актуальны для масштабируемых систем автоматизации. Они обеспечивают функциональность управляемых коммутаторов в распределённых системах с разнообразными внешними устройствами, такими как устройства

релейной защиты на электрических подстанциях, удалённые терминалы (RTU) и шлюзы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние 20 лет Ethernet сделал значительный вклад в эффективность промышленных процессов. Так как Ethernet стал основным стандартом для промышленной автоматизации, интеграция сетевых сервисов в устройства автоматизации является важной задачей. Представленные в статье протоколы «бесшовного» резервирования сети можно рассматривать как последний аргумент в пользу применения Ethernet в промышленных приложениях.

Встраиваемые управляемые Ethernet-модули обеспечивают возможность быстрой интеграции сетевых сервисов в промышленное оборудование. Они заранее протестированы, сконфигурированы и отлажены для работы с сетью, разработчикам можно сразу сконцентрироваться на использовании функций модулей. Встроенные коммутаторы обладают значительными дополнительными достоинствами: оборудование со встроенными коммутаторами намного более функционально и удобно в глазах конечного потребителя. ●

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Enormes Wachstum für Embedded Systeme // Markt&Technik. — 2010. — № 11. — P. 10.
2. Chantal Polsonetti and Harry Forbes. Embedded Ethernet Switching Expands Beyond Motion Control // ARC Insights. — 2011. — June 30.
3. R. Marau, P. Pedreiras, L. Almeida Asynchronous Traffic Signaling over Master-Slave Switched Ethernet Protocols [Электронный ресурс] // DETI-IEETA Universidade de Aveiro. — Режим доступа : http://rtn2007.loria.fr/10_Paper.pdf.
4. The Key to Success — Managing Your Network [Электронный ресурс] // Siemens. — Режим доступа : http://www.automation.siemens.com/wcmsnewscenter/details.aspx?xml=/content/10001666/en/gc/Pages/412_10_NetworkManagement.xml&xsl=publication-en-www4.xsl.
5. Ines Zhaw. Last Piece of Substation Standards Puzzle Solved [Электронный ресурс] // Industrial Ethernet Book. — September 2010. — Режим доступа : <http://iebmedia.com/index.php?id=7294&parentid=63&themeid=255&hft=60&showdetail=true&bb=1>.

**Перевод Ивана Лопухова,
сотрудника компании ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru**