

# Ethernet – ключевой компонент современных автомобильных технологий

По материалам компании Keysight Technologies

УДК 621.3:629.3 | ВАК 05.13.05

Автомобилестроители всё чаще используют сложные электронные системы для повышения безопасности и удобства водителя, и современный автомобиль может содержать от 30 до 100 электронных блоков управления (Electronic Control Unit, ECU), поддерживающих такие функции, как обеспечение безопасности, управление двигателем, навигация и информационно-развлекательные системы. Современные системы помощи водителю (Advanced Driver-Assistance Systems, ADAS) относятся к одному из самых быстрорастущих сегментов автомобильной электроники, и, по мере роста их популярности, большой объем генерируемых и передаваемых ими данных увеличивает нагрузку на коммуникационные системы внутри автомобиля. Существующие автомобильные последовательные шины не способны поддерживать скорости передачи и полосы, используемые системами ADAS, и не могут масштабироваться для создания будущей надежной платформы, необходимой производителям автомобилей. О возможных подходах к решению этой проблемы рассказывается в статье.

**Е**thernet, присутствующий сегодня повсеместно в офисах и с недавнего времени на заводах, предлагает потенциальное решение и для автомобилей, но обладает рядом недостатков в том, что касается функций реального времени и возможности работать в условиях сильных помех и жестких климатических условиях, свойственных автомобилю. Признавая потребность в скоростной бортовой коммуникационной сети, альянс OPEN (One-Pair Ethernet – Ethernet по одной паре) принял концепцию, разработанную изначально компаниями BMW и Broadcom, для создания технологии BroadR-Reach, или автомобильного Ethernet.

Помимо поддержки передачи больших объемов данных и высоких скоростей, свойственных системам ADAS, замена традиционных проводных соединений автомобильным Ethernet сулит целый ряд преимуществ, включая до 80% снижения стоимости соединений и до 30% сокращения массы кабелей.

Этот новый стандарт Ethernet меняет устоявшиеся процедуры тестирования, поэтому поставщики, разработчики систем и производители автомобильной электроники должны обеспечить соответствующее тестирование физического уровня, протоколов, совместимости, безопасности и кабелей. Сегодня разработчикам доступен широкий спектр современных контрольно-измерительных решений, позволяющих упростить

и ускорить тестирование, что в итоге сокращает время продвижения продукции на рынок.

## ЭВОЛЮЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение новых автомобильных технологий сопровождается усложнением автомобильных электронных систем, позволяя использовать такие решения, как информационно-развлекательные системы, ADAS, электронные трансмиссии и кузовная электроника, например, системы входа. В последнее десятилетие число электронных блоков управления (ECU), входящих в средний новый автомобиль, более чем удвоилось, причем выросло не только их количество, но и сложность.

Ключевым стимулом развития этих технологий является безопасность, и в последнее время появился широкий набор соответствующих приложений, включая адаптивный круиз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC), автоматическую систему экстренного торможения (Automatic Emergency Braking, AEB), систему обнаружения слепых зон (Blind-Spot Detection, BSD), ассистента перестроения по полосам (Lane-Change Assist, LCA), ассистента выхода из автомобиля (Vehicle-Exit Assist, VEA) и систему предупреждения о столкновениях (Forward Collision Warning, FCW).

Все эти приложения полагаются на обширную систему датчиков, включая радары, камеры, лидары

и ультразвуковые локаторы (рис. 1), которые передают в соответствующий ECU точную и своевременную информацию об окружающей обстановке, позволяя совершать предупредительные и корректирующие воздействия.

В то же время развитие технологий беспроводных сетей сделало возможной концепцию подключенного автомобиля, а с приходом технологии 5G V2X автомобиль сможет обмениваться данными с окружающими объектами, включая другие автомобили, пешеходов, придорожные инфраструктурные объекты и удаленные центры мониторинга.

Все эти системы собирают, обрабатывают и генерируют огромные объемы данных – по некоторым сведениям порядка 4 Тбайт в день, – что создает серьезную нагрузку на имеющиеся бортовые коммуникационные системы.

### ПОЯВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ETHERNET

Такое развитие автомобильных технологий подстегнуло разработку новых последовательных шин (табл. 1),

каждая из которых обладает специфическими характеристиками и нацелена на поддержку определенных приложений. Рост числа новых приложений, которые предъявляют свои коммуникационные требования, быстро создал ситуацию, в которой автомобильная электропроводка стала третьим по массе и третьим по стоимости компонентом среднего автомобиля, причем затраты на ее монтаж могут составлять до 50% от общей стоимости сборки.

Высокая стоимость и сложность автомобильных сетей стала влиять на время продвижения новых автомобилей на рынок. Кроме того, устаревшие последовательные шины с трудом справлялись с поддержкой возросших скоростей передачи данных и требованиями новых приложений.

Осознав необходимость создания широкополосной масштабируемой сети, опирающейся на передовую открытую архитектуру, компания BMW в сотрудничестве с Broadcom разработала специальный вариант Ethernet, получивший название BroadR-Reach. Это новое решение для физического уровня Ethernet отвечало

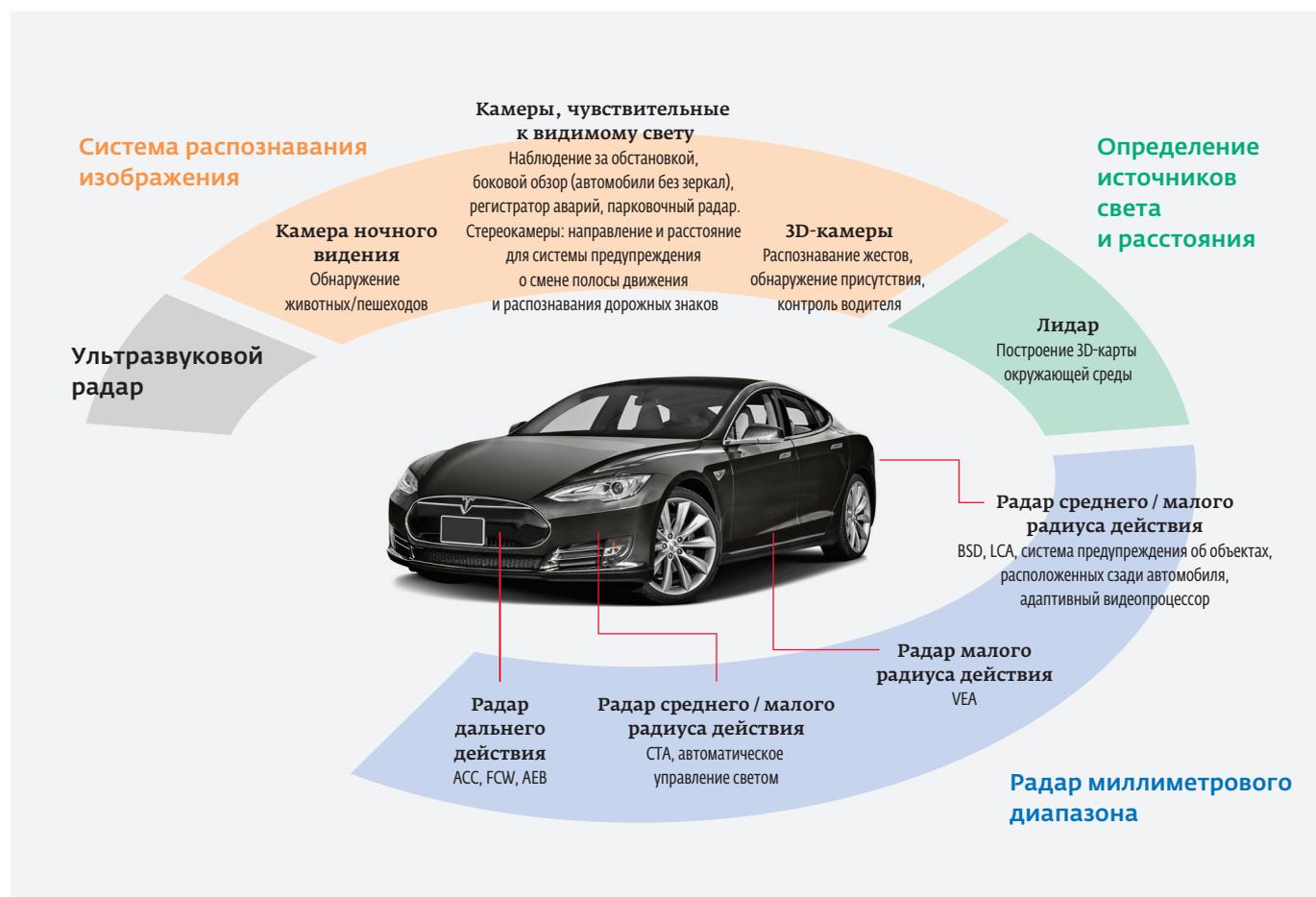


Рис. 1. Системы современного автомобиля и связанные с ними датчики.

Источник: <https://www.electronicdesign.com/automotive/how-will-radar-sensor-technology-shape-cars-future>

Таблица 1. Широко распространенные автомобильные последовательные шины

Последовательная шина	Год	Описание
CAN (локальная сеть контроллеров)	1983	Общая последовательная шина, поддерживающая скорость передачи до 1 Мбит/с. Недорогая и надежная, но использует общий доступ и пригодна только для узкополосных приложений. Обычно используется в трансмиссии, шасси и в кузовной электронике
LVDS (низковольтная дифференциальная шина)	1994	Соединение типа «точка-точка», используемое большей частью для подключения камер и передачи видеоданных. В каждый момент времени может взаимодействовать только с одним устройством
LIN (локальная соединительная сеть)	1998	Низкоскоростная сеть (19200 бит/с), использующая архитектуру ведущий-ведомый. В основном используется в кузовной электронике, например в зеркалах, сиденьях с электроприводом и дополнительных принадлежностях
MOST (транспортная шина для мультимедийных систем)	1998	Кольцевая архитектура, поддерживающая скорость до 150 Мбит/с по меди или оптоволокну. Каждое кольцо может содержать до 64 устройств. Широкая полоса, но высокая стоимость
FlexRay	2000	Общая последовательная шина, поддерживающая скорость передачи до 10 Мбит/с. Обычно используется в высококачественных трансмиссиях и системах безопасности, например в электронных системах управления, активной подвеске и в адаптивном круиз-контроле
CAN FD (CAN с гибкой скоростью передачи)	2012	Расширение шины CAN, поддерживающее более широкую полосу. Позволяет передавать данные с меньшими ошибками и почти в реальном времени

автомобильным требованиям к электромагнитной совместимости (ЭМС), сокращая при этом массу проводки за счет применения одной витой пары. Союз BMW /Broadcom привел к созданию альянса OPEN – экосистемы производителей и партнеров, принявших и продвигающих технологию BroadR-Reach и работающих над дальнейшим развитием решений Ethernet PHY для автомобильных приложений. Признав растущую потребность

в решениях Ethernet, адаптированных к специфическим требованиям автомобильной промышленности, IEEE выпустил стандарт Ethernet 802.3bw-2015, известный также как 100BASE-T1, основанный на BroadR-Reach и совместимый с ним. BroadR-Reach представляет собой гибридный протокол 100BASE-T и 1000BASE-T и использует их лучшие стороны, в то же время улучшая характеристики, наиболее востребованные в автомобильных

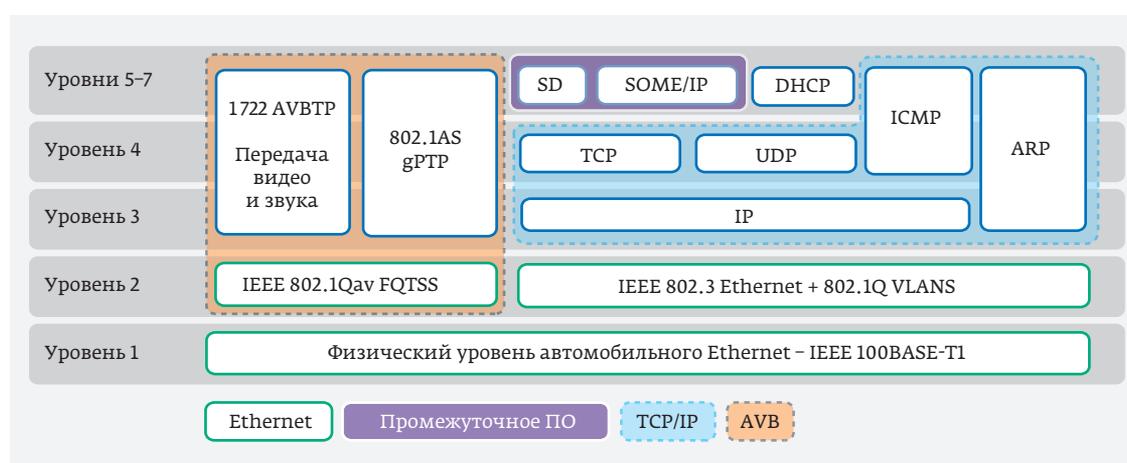
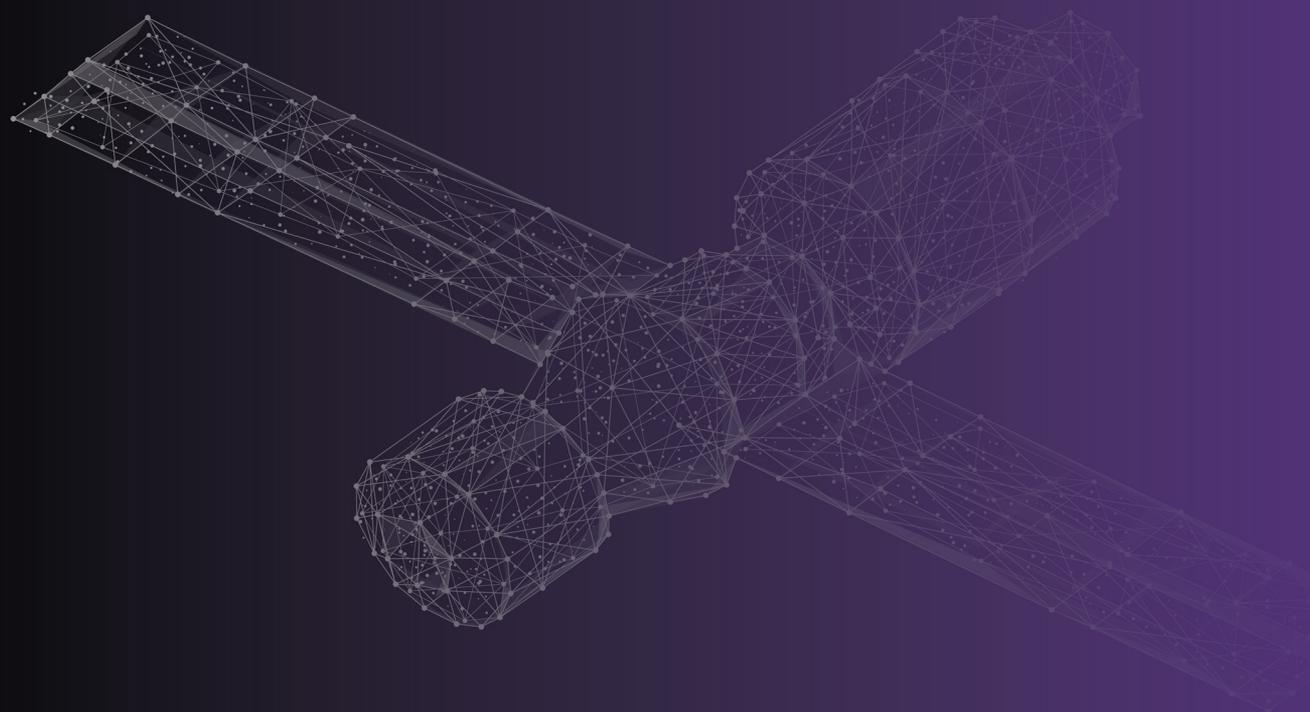


Рис. 2. Стек протоколов автомобильного Ethernet. Источник: Keysight Technologies

# Поверьте и настройте Ваши СИ в ЦСМ **Keysight**



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому Центр Сервиса и Метрологии Keysight получил аккредитацию на право поверки СИ и готов обеспечивать комплексное ТО измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные ПО для проведения полного тестирования, калибровки и настройки СИ по методике завода-изготовителя, опытный персонал - все это позволяет выполнять полное обслуживание СИ в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности Ваших измерений и надёжности Вашей продукции!

Аттестат Аккредитации ООО «Кейсайт  
Текнолоджиз» (ЦСМ Keysight) на право  
поверки СИ № RA.RU.310579 от 02.02.2015

80  
лет

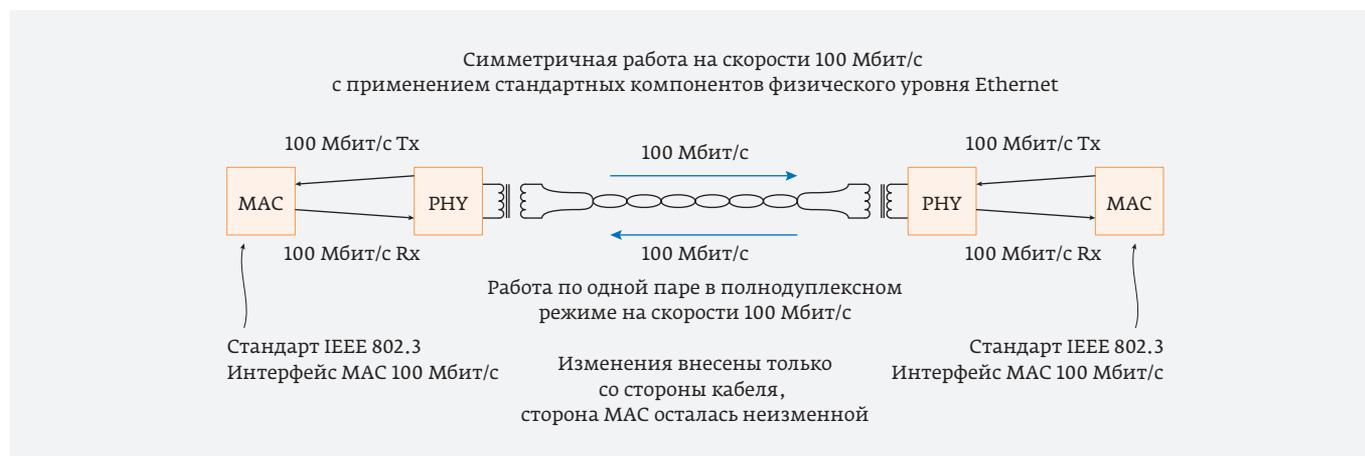
опыта в электронных  
измерениях

50  
лет

сотрудничества и  
инноваций в России

[www.keysight.com/find/poverka](http://www.keysight.com/find/poverka)

 **KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES



**Рис. 3. Физический канал.** Источник: <https://www.ecnmag.com/article/2018/08/inside-look-automotive-ethernet-protocol>

приложениях. Снижая скорость передачи данных со 125 до 66,67 Мбод, BroadR-Reach может работать по кабелям более низкого качества (и, следовательно, более дешевым) и при этом отвечает самым строгим требованиям, предъявляемым к целостности сигнала в автомобильных приложениях.

OPEN и IEEE продолжают совместную деятельность по разработке автомобильного Ethernet, включая новый стандарт для передачи данных со скоростью 1 Гбит/с по одной витой паре – 1000BASE-T1, поддерживающий также такие возможности Ethernet, как синхронизация по времени (IEEE 802.1AS) и запуск по времени (IEEE 802.3br).

Изначально ограниченный диагностикой и прошивкой нового микропрограммного обеспечения, автомобильный Ethernet находит всё более широкое применение в современных автомобилях, постепенно превращаясь в магистральную сеть автомобиля.

## ТЕСТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Успешная реализация любой системы, использующей автомобильный Ethernet, требует создания всеобъемлющего плана испытаний, поддерживаемого соответствующим контрольно-измерительным решением. На рис. 2 показан полный стек протоколов автомобильного Ethernet.

Для проверки совместимости нужно протестировать три точки на физическом уровне (рис. 3) – передатчик, приемник (встроенный в физический уровень Ethernet) и сам канал, который включает кабель и разъемы.

Решения для тестирования доступны для каждой точки, что минимизирует сложность теста и время тестирования. Имеются решения для тестирования приемопередатчика, поддерживающие автоматическое конфигурирование и заранее настроенные на проверку на

соответствие стандартам. Кроме того, современное контрольно-измерительное оборудование предлагает графическое представление информации, показывая подключение тестируемого устройства, а также создавая отчет типа «годен / не годен» в формате HTML.

Полное тестирование на уровне канала должно охватывать кабель и разъемы, а также проверять уровни перекрестных помех на протяжении всего коммуникационного канала.

На более высоких уровнях стека протоколов нужно проверять автомобильный стек протоколов TCP/IP, а также такие функции, как синхронизация по времени (IEEE 802.1AS), передача видео и звука (IEEE 802.1Qav) и передача данных по расписанию (IEEE 802.1Qbv).

Решения для тестирования передатчиков, приемников, а также кабелей и соединителей стандартов 100/1000BASE-T1 автомобильного Ethernet реализуются с помощью широкого спектра измерительного оборудования, включающего в себя: осциллографы, векторные анализаторы цепей, генераторы сигналов произвольной формы и, что немаловажно, специализированную оснастку. Данный набор оборудования позволяет произвести все необходимые измерения как на этапах разработки и отладки, так и на этапах серийного производства или тестирования на соответствие требованиям стандартов.

Всё больше российских компаний-разработчиков и производителей компонентов проявляют интерес к данной тематике. Не лишены подобные системы и интереса со стороны крупнейших отечественных автомобильных заводов. Компания Keysight Technologies первой в России рада предложить своим заказчикам полный набор решений для тестирования стандартов 100/1000BASE-T1 автомобильного Ethernet и приглашает в свои офисы для проведения наглядных демонстраций подобных измерений. ●