

Комплексный анализ для быстрой отладки автомобильных сетей Ethernet

Эрнст Флемминг (Rohde & Schwarz)

Разработчики электронных блоков управления (ECU) теперь могут использовать осциллограф также и для отладки автомобильных сетей Ethernet. Для неинтрузивного доступа к сигналу требуется соответствующая опция синхронизации и декодирования блоков данных, а также измерительная плата.

Разработчикам электронных блоков управления (ECU) с автомобильным Ethernet-интерфейсом необходимо выполнять проверку работоспособности своих устройств. Однако если проблемы возникают в ходе передачи сигнала, простого анализа Ethernet-протокола, как правило, оказывается недостаточно. Оптимальным решением этой проблемы является новая опция синхронизации и декодирования блоков данных для осциллографов, представленная компанией Rohde & Schwarz. Опция позволяет разработчикам выполнять запуск по передаваемым данным Ethernet-протокола, декодировать содержимое и соотносить временные интервалы с таймингами сигналов электрических шин. Всё это значительно ускоряет анализ проблем в ходе отладки.

Автомобильный Ethernet обретает всё большую популярность в качестве быстрой шинной системы для автомобильных приложений, таких как системы содействия водителю и информационно-развлекательные системы. В этих целях для автомобильной промыш-

ленности был разработан 100BASE-T1 Ethernet-интерфейс, работающий на основе технологии BroadR-Reach® и стандартизированный рабочей группой IEEE 802.3bw.

Технология 100BASE-T1 использует Ethernet с полнодуплексной передачей данных по неэкранированной витой паре. Сигналы 100BASE-T1 модулированы по схеме PAM-3 (амплитудно-импульсная модуляция), где уровни дифференциального сигнала находятся в диапазоне от -1 до +1 В. При этом скорость передачи данных (до 100 Мбит/с) значительно выше, чем в традиционных шинных системах, таких как CAN.

Передачик преобразует частотные характеристики сигналов 100BASE-T1 для обеспечения надёжной передачи с минимальной утечкой на ВЧ через неэкранированный кабель. Стандарт 100BASE-T1 требует наличия эквалайзера в передатчике. После установления соединения интегральные схемы PHY 100BASE-T1 измеряют амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) кабеля. Эквалайзеры выполняют предискажение сигналов для последую-

щей передачи данных в целях обеспечения надёжной передачи сигнала с одновременной минимизацией утечки на ВЧ через кабель. По сравнению со стандартом Ethernet 100BASE-Tx, который не требует использования эквалайзеров, сигналы систем 100BASE-T1 значительно искажены из-за применения функции предискажения. Как следствие, разработчики не могут оценивать сигнал на основании одного лишь анализа уровней сигналов электрических шин.

На рисунке 1 для сравнения представлены сигналы 100BASE-Tx (а) и 100BASE-T1 (б) в автомобильных сетях. На рисунке 1а чётко видны три уровня сигнала и крутые фронты при переключении уровней. На рисунке 1б три уровня сигнала PAM-3 не всегда чётко различимы из-за выполненных эквалайзером предискажений.

ИСПЫТАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ETHERNET-ИНТЕРФЕЙСОВ

Характеристики интерфейсов 100BASE-T1 определены спецификацией IEEE. С помощью стандартизированных испытаний на соответствие разработчики могут измерять электрические характеристики интерфейса с использованием осциллографа и анализатора цепей в лабораторных условиях. Инструменты для анализа Ethernet-протокола, такие как Vector CANoe или Wireshark, обычно используются для проверки элект-



Рис. 1. Дифференциальный сигнал 100BASE-Tx (а) и сигнал стандарта 100BASE-T1 (б) в автомобильных сетях

тронного блока управления (ECU) на предмет правильности передачи данных. Инструменты такого типа позволяют записывать весь поток Ethernet-данных и предоставляют возможности для проведения комплексного анализа. Однако ошибки передачи проявляются исключительно в виде ошибок в блоках данных, поэтому выполнение углублённого анализа причин их возникновения невозможно. Как правило, для этого необходим осциллограф с опцией синхронизации и декодирования блоков данных.

С помощью новой опции синхронизации и декодирования блоков данных, представленной компанией Rohde & Schwarz для шины 100BASE-T1, разработчики ECU смогут наконец непосредственно соотносить электрические сигналы с содержимым переданных блоков данных в ходе анализа. Например, ошибки шины, которые возникают в автомобильных приложениях Ethernet, теперь могут быть устранены так же просто, как и в случае традиционных шин CAN (для которых также представлены высокопроизводительные опции синхронизации и декодирования блоков данных).

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ СИНХРОНИЗАЦИИ И ДЕКОДИРОВАНИЯ БЛОКОВ ДАННЫХ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ ETHERNET

При обмене данными в рамках стандарта 100BASE-T1 оба потока данных передаются по витой паре одновременно. Если пользователь регистрирует уровень сигнала шины с помощью осциллографа, для обеих шин измеряются наложенные потоки данных. Без разделения этих потоков выполнение требуемого анализа невозможно.

В этих целях измерительная Ethernet-плата R&S RT-ZF5 (см. рис. 2) оборудована соответствующими направленными ответвителями. После подключения в линию Ethernet измерительная плата позволяет разделить потоки данных для неинтрузивной записи передаваемых данных стандарта 100BASE-T1 с помощью осциллографа.

На рисунке 3 показано декодирование обоих потоков данных стандарта 100BASE-T1 при полнодуплексной передаче данных. MAC-кадр представлен в цвете, тогда как непрерывно передаваемые пустые кадры отображаются серыми.

Тем не менее, записанные сигналы значительно искажаются эквалайзером, используемым в передатчике 100BASE-T1. Перед последующей обработкой сигналы проходят предварительное выравнивание с применением сложных алгоритмов и затем декодируются. Осциллограф восстанавливает блоки данных в ходе декодирования и отображает все переданные блоки данных и пустые кадры. Декодированные блоки данных отображаются в виде сигналов шины с цветовым кодированием, а также в табличном формате. Это позволяет разработчикам соотносить фактические сигналы 100BASE-T1 с переданными данными протокола для выполнения подробного анализа.

На рисунке 4 представлено декодирование уровней сигнала 100BASE-T1 электрической шины: чётко видны два уровня дифференциального сигнала 100BASE-T1 и содержимое декодированного блока данных.

Благодаря расширенным возможностям синхронизации разработчики могут также, например, отображать отдельные блоки данных с конкрет-



Рис. 2. Измерительная плата R&S RT-ZF5 для Ethernet

ными адресами источника и приёмника.

Анализ ошибок в блоках данных

Временные соотношения между данными, передаваемыми по шине, и другими сигналами могут быть выявлены в ходе декодирования данных 100BASE-T1. Например, в целях отладки пользователи могут определить время начала работы ECU, настроив запуск осциллографа по напряжению питания 12 В и измерив время, прошедшее до получения первого действительного блока данных. Стабильность передачи данных по шине также может быть легко проверена: разработчик настраивает прибор на запуск по кратковременным прерываниям напряжения питания и затем анализирует прерывания, возникающие при обмене данными по шине. Большое количество прерываний сигнализирует о значительном ухудшении стабильности передачи данных.

С помощью осциллографа, оборудованного опцией синхронизации и

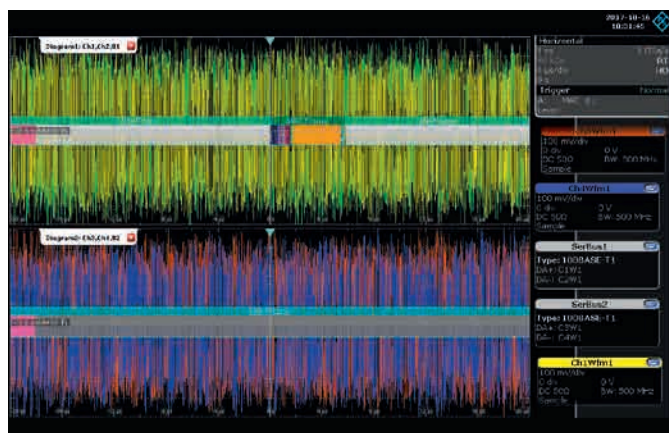


Рис. 3. Декодирование обоих потоков данных стандарта 100BASE-T1 при полнодуплексной передаче данных



Рис. 4. Декодирование уровней сигнала 100BASE-T1 электрической шины

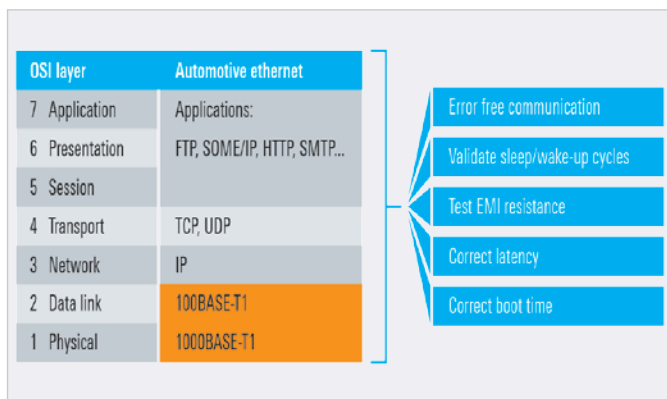


Рис. 5. Структура измерений на всех семи уровнях сетевой модели OSI

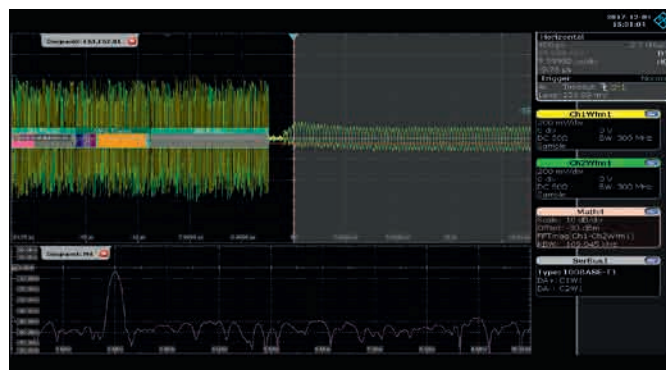


Рис. 6. Анализ спорадических прерываний при обмене данными по шине с использованием сочетания функций протокольного и частотного анализа



Рис. 7. Готовое решение на базе осциллографа R&S RT02044

декодирования блоков данных, можно выполнять измерения на всех семи уровнях сетевой модели OSI, что обеспечивает широкий спектр возможностей для проведения испытаний и анализа (см. рис. 5).

Устранение спорадических ошибок шины, возникающих в результате взаимного влияния источников помех, может оказаться трудной задачей без использования дополнительных возможностей анализа. Декодировав передаваемые данные 100BASE-T1, разработчики могут выполнять анализ обмена данными по шине на всех протокольных уровнях с соответствующей временной корреляцией для определения взаимного влияния источников помех.

Например, в случае измерения, представленного на рисунке 6, MAC-кадр и пустые кадры правильно передаются в начале записи. Однако в середине записи поток данных внезапно прерыв-

ается. На нижней диаграмме построен частотный спектр сигнала помехи (серая область). На частоте 2 МГц чётко виден пик сигнала. Очевидно, что этот сигнал помехи вызвал прерывание на шине. Использование функций декодирования в сочетании с другими инструментами анализа, представленными в осциллографе (например, частотный анализ), значительно упрощает выполнение такой отладки. Например, осциллограф позволяет моментально обнаруживать помехи, которые было бы непросто выявить с помощью других методов.

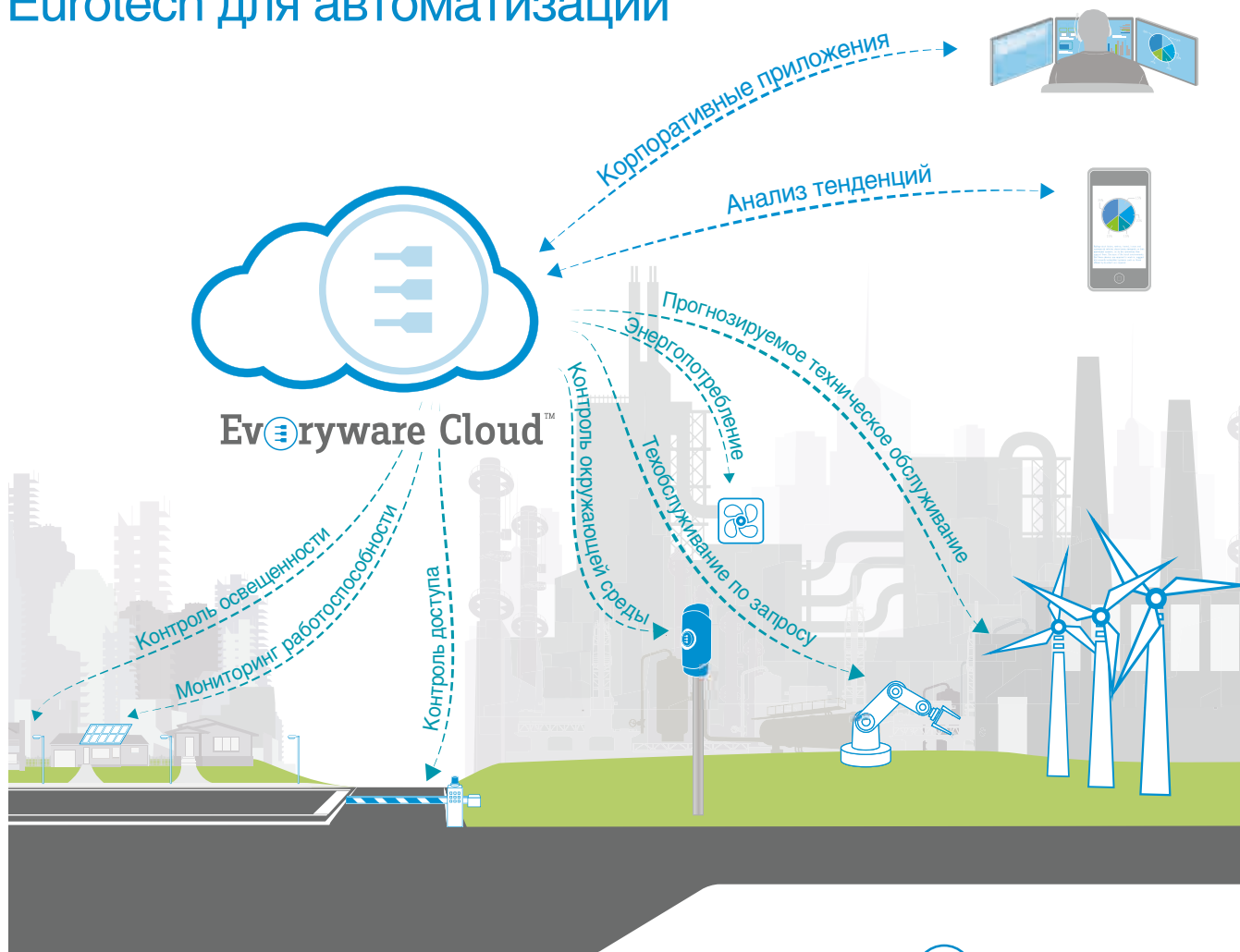
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания Rohde & Schwarz предлагает разработчикам электронных блоков управления (ECU) с автомобильными Ethernet-интерфейсами полнофункциональную опцию синхронизации и декодирования блоков данных 100BASE-T1, включающую

измерительную плату для неинтрузивного доступа к сигналу. Разработчики могут использовать комплексные функции синхронизации и отображения для переданных блоков данных на этапе наладочных работ. Отображаемая декодированная информация коррелируется по времени с электрическим сигналом, что позволяет пользователям выполнять анализ данных протокола в ходе отладки и оперативно выявлять причины возникновения любых ошибок шины.

Помимо рассмотренной в статье опции синхронизации и декодирования блоков данных 100BASE-T1, компания Rohde & Schwarz предлагает готовые решения (см. рис. 7) для проведения испытаний на соответствие автомобильных Ethernet-интерфейсов требованиям стандартов 100BASE-T1 и 1000BASE-T1, а также испытаний кабельных сегментов с использованием осциллографа и анализатора цепей.

Облачные технологии Eurotech для автоматизации



Решения Eurotech позволяют заказчикам удобно и безопасно подключать оборудование и датчики к корпоративным программным приложениям с помощью **Everyware Cloud™** — M2M-платформы.

Выполняемые функции

- Управление устройством
- Приложение для устройства и управления жизненным циклом
- Контроль состояния устройства/связи в режиме реального времени
- Поддержка промышленных протоколов
- Простая интеграция с корпоративными приложениями
- Сбор потоков данных с различных устройств в реальном времени
- Анализ данных в реальном времени, их хранение и предоставление исторических данных

PROSOFT®
WWW.PROSOFT.RU
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

МОСКВА	(495) 294-0636	info@prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ	(812) 448-0444	info@spb.prosoft.ru
АЛМА-АТА	(727) 321-8328	sales@ca.prosoft.ru
ВОНГОГРАД	(8442) 260-018	volgograd@prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ	(343) 356-5111	info@yandex.prosoft.ru
КАВАНЬ	(843) 203-8029	info@kav.prosoft.ru
КРАСНОДАР	(861) 324-9518	krasnodar@prosoft.ru
ВОРОНЕЖ	(820) 402-3158	chili@prosoft.ru

Н. НОВГОРОД	(801) 235-4084	n.novgorod@prosoft.ru
НОВОСИБИРСК	(383) 250-0960	info@nsk.prosoft.ru
ОМСК	(3812) 288-521	omsk@prosoft.ru
ПЕНЗА	(8412) 49-4971	penza@prosoft.ru
САМАРА	(846) 277-8166	info@samara.prosoft.ru
УФА	(947) 292-5316	info@ufa.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК	(351) 239-8360	chelyabinsk@prosoft.ru

