

УДК 628.18

## Шина передачи данных FlexRay

Волчкович А. В.

Белорусский национальный технический университет

В современном автомобиле имеется целый ряд контроллеров, от функционирования которых зависит безопасность и даже жизнь водителя и пассажиров. В силу этого такие контроллеры должны обмениваться информацией с высокой скоростью и надежностью. В качестве примера можно назвать контроллеры электрической тормозной системы, систем стабилизации движения, электропривода рулевого управления, изменения дорожного просвета. Любое нарушение обмена данными между ними может привести к печальным последствиям, поэтому важно обеспечить бесперебойный и высоконадежный обмен. Для этой цели была создана шина FlexRay.

Прежде всего, передача данных в этой шине осуществляется по проводам. Используется витая пара, аналогично шине CAN, однако часто пары в целях повышения надежности дублируются. Провода каждой пары называются BUS+ и BUS-. Скорость передачи достигает 10 МБд на канал, а защищенность многократно возрастает за счет дублирования. При входе из строя одного из каналов в память контроллера заносится код неисправности, а передача выполняется по дублирующему каналу.

Гибкие возможности конфигурации позволяют применять шина FlexRay во многих областях, как в управлении силовым агрегатом, так и системах управления движением.

В отличие от шины CAN, где передача имеет событийный характер, важная особенность шины FlexRay заключается в том, что передача

осуществляется синхронно. Иначе говоря, с регулярно повторяющимися фиксированными циклами.

Так как скорость передачи очень высока, то во избежание отражений сигналов целесообразно использовать двухточечные соединения, от контроллера до контроллера, с обязательной установкой резисторов-терминаторов. Однако на практике используется также соединение контроллеров шлейфом. Функцию контроллера шины выполняет межсетевой интерфейс Gateway. На нем находятся разъёмы для подключения всех ветвей системы, в итоге образуется сеть из участников шины. Такая схема называется «активная звезда», потому что ветви шины образуют звездообразную структуру, а в центре находится контроллер шины, через который и осуществляется обмен между блоками.

Внутренняя структура контроллеров-участников шины в основном соответствует структуре контроллеров шины CAN и состоит из центрального процессора, контроллера шины и трансивера. Однако в отличие от узла CAN в узле FlexRay установлено по два одинаковых компонента для двух отдельных передачи данных А и В. Это обеспечивает возможность одновременной передачи по двум независимым парам проводов, а отказ одного из каналов не сказывается на работоспособности шины. Однако он обнаруживается системой самодиагностики, которая посредством индикации на панели приборов информирует водителя о необходимости ремонта.

Потенциалы проводов шины могут соответствовать четырем ее состояниям:

Сон. На обоих проводах потенциал 0В;

Ожидание. На каждом проводе потенциал 2,5В;

Логический ноль. Провод BUS+ приобретает потенциал 1,5В, провод BUS- потенциал 3,5В.

Логическая единица. Провод BUS+ имеет потенциал 3,5В, провод BUS- имеет потенциал 1,5В.

Иначе говоря, если на шине CAN потенциал каждого из проводов уходит от уровня ожидания только в одну сторону, то на шина FlexRay в обе стороны в зависимости от того, какой логический уровень передается.

Находящаяся в спящем режиме шина FlexRay в результате процесса пробуждения переходит в режим готовности. Однако данные передаваться пока не могут. Передача данных начинается только после запуска шины. Запуск может быть выполнен только так называемыми пусковыми контроллерами, только они имеют право запускать шину и проводить ее синхронизацию. Непусковые блоки управления не имеют прав на запуск шины и не принимают активного участия в ее синхронизации. Они могут передавать данные по шине лишь после того, как начали передавать данные как минимум два других блока управления.

Данные передаются постоянно повторяющимися пакетами. Даже если у одного из участников нет в данный момент информации для передачи, все равно «окно» для передачи остается за ним. Тем самым исключается необходимость в приоритетности сообщений, как это сделано в шине CAN.

Однако отправить сообщение без данных блок управления не может. Поэтому каждый раз, когда формируется сообщение, он обязательно заполняет данными предназначенное ему «окно». Если данные после предшествующей передачи не изменились, то отправляются те же. Но если данные обновились, то передается так называемый бит обновления.

Так как в шине Flex Ray реализован синхронный обмен данными, существует понятие «коммуникационный цикл». Это в буквальном смысле один цикл передачи информации. Циклы повторяются последовательно

друг за другом, как только завершается один цикл, сразу начинается следующий. Один «коммуникационный цикл» длится 5 миллисекунд и состоит из 4 частей:

- Статического сегмента;
- Динамического сегмента;
- Окна символов (может отсутствовать);
- Время бездействия.



Статический сегмент служит для передачи пользовательских данных между компонентами шины. Он разделён на постоянные временные интервалы, называемые слотами. Число слотов задается производителем автомобиля, однако максимальное их число не может превышать 1023. Во время каждого слота передавать данные может только одно определённое устройство шины. Но принимать данные, передаваемые в статических слотах, могут все участники шины.



Принципиальной чертой протокола является то, что вся структура слотов статического сегмента в каждом цикле всегда воспроизводится полностью. В статическом сегменте передаются главным образом данные, критически важные для безопасности.

Динамический сегмент цикла также подразделяется на слоты, жестко привязанные определенным узлам шины. Передаваемые данные также могут приниматься всеми устройствами шины. Но в отличие от статического сегмента, динамический сегмент представляет собой часть коммуникационного цикла, зарезервированную для передачи событийных данных.

Динамический сегмент имеет ограниченную протяженность во времени, и при достижении временной границы передача слотов прекращается. Слоты, оставшиеся неотправленными, передаются уже в следующем цикле связи.

Окно символов содержит последовательности битов, определенное для целей тестирования. Окно символов зависит от конфигурации и применяется не всегда.

Время бездействия – это период, в течение которого по шине не передаются никакие сообщения. Он используется для синхронизации шины во времени: все устройства синхронизируют свои внутренние «часы» со временем системы.

Межсетевой интерфейс Gateway наделен способностью распознавать неисправности в сети и принимать соответствующие меры, чтобы незатронутые неисправностью зоны продолжали работать. Неисправности могут ограничиваться только какой-то ветвью сети, но могут затрагивать и всю ветвь целиком.

Кабель шины FlexRay, как и кабель шины CAN, представляет собой витую пару, защищенную оболочкой. Эта оболочка, однако, может не

иметь экранирующего эффекта от электромагнитных помех, а служить лишь для уменьшения влияния влажности и температуры на волновое сопротивление кабеля. Волновое сопротивление очень важно для безошибочной передачи данных. Оно оптимизировано производителем и не допускает несанкционированного изменения.

Поэтому при ремонте проводов шины FlexRay необходимо соблюдать следующие требования:

Нельзя изменять длину проводов;

Если провода экранированы, то длина неэкранированной части проводов внутри штекера не должна превышать размер, заданный производителем и указанный в документации;

Длина развитой части витой пары внутри штекера также не должна превышать размер, заданный производителем.

Шина FlexRay пришла на замену CAN, от которой её отличает более высокая скорость передачи и больший объём передаваемых данных. Шина используется в современных автомобилях в системах активной безопасности и адаптивного круиз-контроля.

### **Литература**

1. <https://press.ocenin.ru/flexray/>.
2. Хернер А., Риль Х-Ю. Автомобильная электрика и электроника – М., 2013. – 624 с.