

УДК 629.331

**ДИАГНОСТИКА НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ ОТДЕЛЬНЫХ
УЗЛОВ АВТОМОБИЛЯ. CAN-ШИНА
DIAGNOSTICS OF NORMAL OPERATION
OF INDIVIDUAL UNITS CAR. CAN BUS**

И.Д. Ветров

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Vhetrov

Supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** В статье описывается устройство, принцип работы CAN-шины и ее применение в автомобилестроении и диагностике.*

***Abstract:** The article describes structure and working principle of CAN bus, it's application in automotive industry and diagnosis.*

***Ключевые слова:** CAN-шина, CAN-протокол, диагностика.*

***Keywords:** CAN bus, CAN protocol, diagnosis.*

Введение

Современные автомобили оснащены большим количеством электроники: датчики, элементы управления, исполнительные устройства, системы комфорта. Вся информация с автомобиля поступает в электронный блок управления (ЭБУ), который, основываясь на входящих сигналах, регулирует и контролирует работу электронных систем.

Информация в ЭБУ должна поступать своевременно и не быть искаженной, так как от этого зависит работа всего автомобиля. Изначально все модули и датчики соединяли проводами, однако с ростом их числа это стало нерелевантным решением, так как длина проводов в автомобиле стала достигать сотен метров.

CAN (англ. Controller Area Network) – стандарт промышленной сети, ориентированный, прежде всего, на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. CAN разработан компанией Robert Bosch GmbH в 1986 году и в настоящее время широко распространён в промышленной автоматизации, технологиях домашней автоматизации («умного дома»), автомобильной промышленности и многих других областях.

Основная часть

В автомобилях CAN-шины подключаются посредством дифференциального кабеля, состоящего из пары линий: CAN_H (Can-High) и CAN_L (Can-Low), обеспечивая обмен сигналами между устройствами [1]:

- быстрая CAN-линия силовой установки функционирует с максимальной скоростью 500 кбит/с, соединяя блоки управления в двигателе и трансмиссии;
- медленная «Комфорт»-канал передает данные до 100 кбит/с для взаимодействия компонентов системы «Комфорт» с другими системами

автомобиля;

- также имеется CAN-линия информационно-управляющей сети, работающая на скорости до 100 кбит/с и обеспечивающая связь между разными сервисными блоками. Каждый модуль подключен к CAN-шине и может передавать и получать сигналы (рис. 1). На концах CAN-шины находятся резисторы сопротивлением 120 Ом, которые служат для четкого считывания дифференциального сигнала с шины и предотвращения его искажения вследствие отражения.

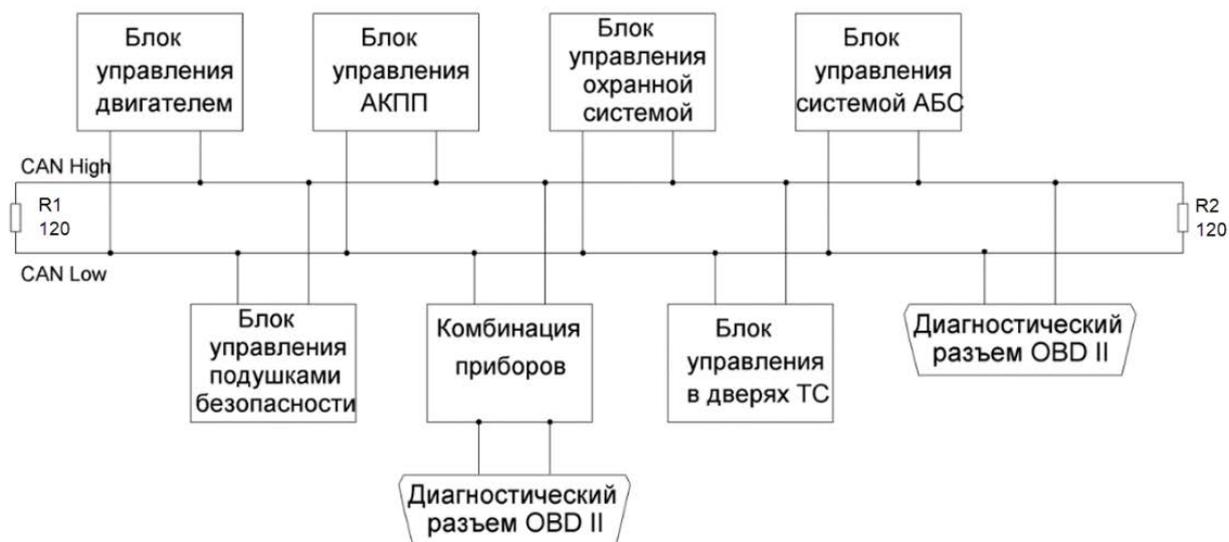


Рисунок 1 – Схема CAN-шины

Напряжение на CAN_H изменяется от 2,5 до 3,5 В, а на CAN_L – от 2,5 до 1,5 В. Это позволяет избежать ошибок в сигналах, когда появляются сильные электронные помехи, так как при использовании двух проводов значения будут изменены на обоих, следовательно, их разность останется прежней и сигнал не исказится. Помимо этого, CAN_H и CAN_L представляют собой витую пару, что позволяет им работать вблизи других электронных приборов, не создавая электронного шума.

CAN-шина может находиться в двух состояниях (рис. 2): рецессивное (логическая 1) и доминантное (0). При одинаковом напряжении на CAN_H и CAN_L состояние рецессивное (холостой ход), при напряжении 1,5 В на CAN_L и 3,5 В на CAN_H, то есть разности в 2 В – доминантное.

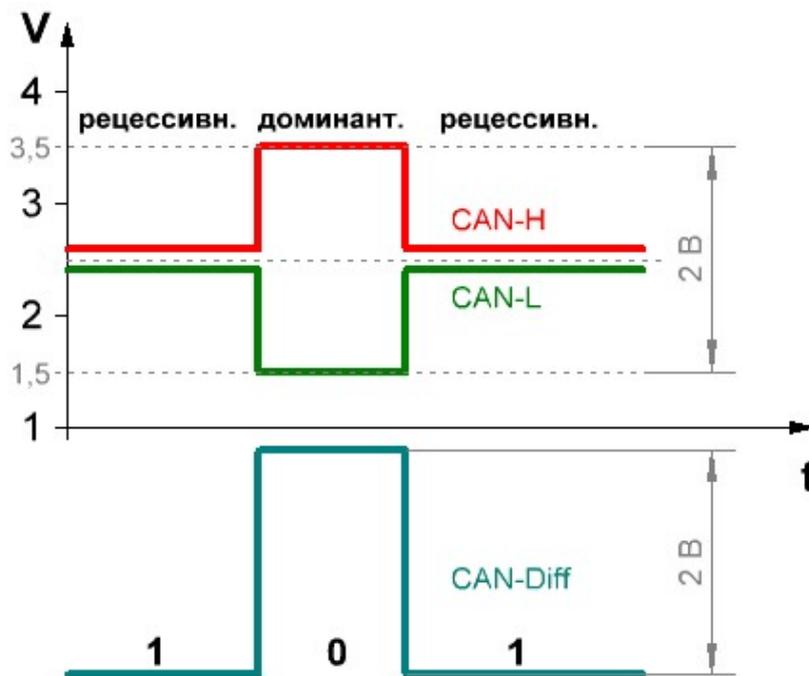


Рисунок 2 – Состояния CAN-шины

Модули отправляют и получают кадры с информацией, которые предоставляют всю необходимую информацию (рис. 3).

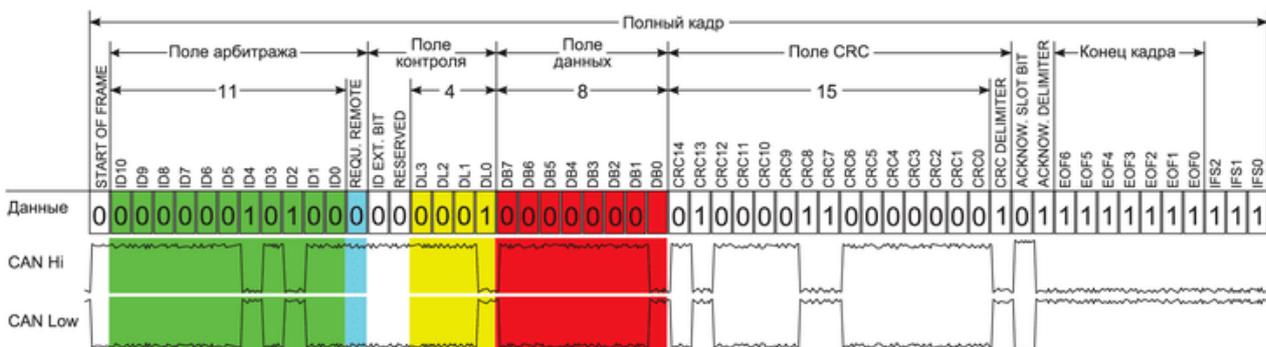


Рисунок 3 – Кадр CAN-шины

Первый бит кадра (SOF – Start Of Frame) всегда доминантный логический ноль. Он выводит шину из состояния холостого хода и начинает передачу данных.

Дальше следует арбитражное поле. Его основное назначение - выбор узла для доступа к трансляции по шине данных. Учитывая последовательность передачи информации (бит за битом и кадры), каждому узлу приходится ожидать своей очереди на отправку в сеть, но при этом они непрерывно анализируют активность по шине. Идентификационные метки сообщений служат для ранжирования их значимости. Узел с наименьшим идентификатором считается наиболее приоритетным и первым получает доступ к передаче данных. В синхронный момент времени все узлы начинают рассылать свои кадр-идентификаторы по шине. Параллельно, каждый новый бит на шине анализируется всеми участниками сети. Пока идентичные биты от всех блоков совпадают - процесс идет гладко. Однако при возникновении конфликта (когда разные узлы одновременно пытаются передать различные значения) в действие

вступает механизм арбитража. В силу того, что сигнал 0 является доминантным над 1 рецессивным, побеждает и получает контроль тот блок, чей идентификатор имеет наименьшее числовое значение среди всех одновременно активных узлов.

Следующий бит Remote Transmission Request (RTR). Это бит запроса. Он определяет какого типа будет сообщение: Dataframe, когда вещающий блок сообщает информацию или Remote frame, когда передающий блок запрашивает информацию.

Дальше следует поле Control, в котором первый бит ID extension. Если в нем будет логический ноль, то будет использоваться стандартный 11-битный идентификатор, а если логическая единица, то расширенный 29-битный. Биты DL3 – DL0 в поле Control используется для определения заранее количества байтов, которые будут передаваться в следующем поле Data. Чтобы не передавать лишние биты и сократить время фрейма, тем самым увеличив скорость передачи данных. По этой же причине по-умолчанию используется 11-битный идентификатор, чтобы без надобности не тратить время на лишние 18 бит.

В поле Data находится самая полезная информация, которую нужно передать (обороты, температура, давление и т.д.). Ради передачи этой информации и строится весь фрейм. Это поле может составлять от 1 до 8 байт, то есть от 8 до 64 бит.

Следующее поле это контрольная сумма CRC (Cyclic Redundancy Check). Представляет собой значение, вычисленное по определенной формуле, на основе битов из предыдущих полей. То есть все эти биты обрабатываются определенным алгоритмом в блоке-отправителе. Результат этой отработки записывается в поле контрольной суммы кадра. После этого уже блок-получатель повторно вычисляет контрольную сумму CRC таким же алгоритмом, но уже на базе полученной информации. Если каждый из битов был распознан правильно, то контрольная сумма у блока-получателя будет такой же, как и у блока-отправителя. В этом случае данные считаются переданными без ошибок. Если же контрольная сумма не сходится, распознается ошибка передачи данных и полученная информация игнорируется.

Следующим идет бит подтверждения ACK (Acknowledge). Узел-отправитель выставляет в нем рецессивное состояние, но узел-получатель перебивает его доминантным в случае успешного приема, тем самым подтверждая передачу сообщения. Отправитель проверяет наличие бита подтверждения и повторно передает сообщение, если подтверждение не было обнаружено. Наличие бита подтверждения на шине не означает, что любой из предполагаемых адресатов получил сообщение.

Дальше идут 7 бит поля End of Frame (EOF). Это конец кадра, представляющий собой последовательность рецессивных сигналов, после которого кадр завершается, и шина снова переходит в состояние холостого хода.

Размены секций кадра могут изменяться в зависимости от версии шины, но таков принцип отправки и принятия сообщений в электронной системе автомобиля согласно CAN-протоколу.

В 2012 году Bosch выпустили новое поколение CAN FD (Flexible Data-Rate) – гибкая скорость передачи данных [2]. С усложнением электронной системы авто даже классическая шина CAN перестала быть достаточным решением, что послужило причиной создания CAN FD. Сообщение нового поколения имеет измененную структуру (рис. 4).

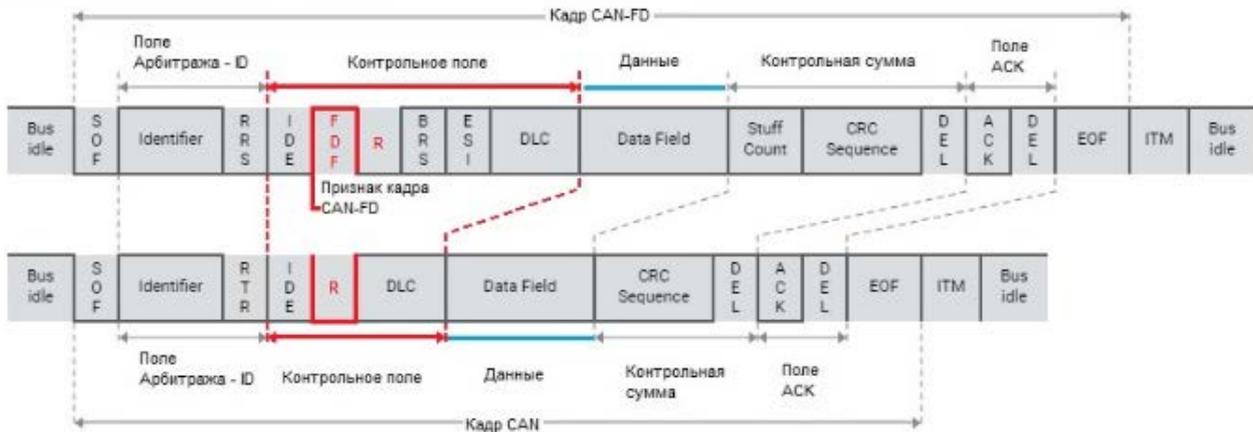


Рисунок 4 – Кадры CAN и CAN FD

Добавляя FDF бит, который принимает значение 0 при обычной шине CAN, и 1 – при использовании CAN FD. BRS бит определяет скорость передачи данных: 1 – обычная скорость, 0 – высокая. ESI представляет собой дополнительную предупреждение об ошибках и принимает значение равно 0, если отправитель в активном состоянии ошибки, и 1 – если в пассивном. Поле данных в расширено до 64 байт, вместо 8.

Таким образом, CAN FD увеличивает скорость передачи данных и делает ее вариативной от 1 до 8 Мбит/с в зависимости от топографии; увеличивает объем данных в сообщении до 64 байт; улучшает нахождение и проверку ошибок для исправной работы. Более того, CAN FD совместима с классической CAN, что сильно облегчает обслуживание и производство, ведь не требуется полностью переделывать уже существующие отлаженные процессы.

В 2022 была разработана CAN XL, которая увеличит скорость передачи данных до 20 Мбит/с, в зависимости от топографии, а объем самих данных – до 2046 байт. К тому же CAN XL способна работать с Ethernet. Каждое поколение имеет зарезервированный бит в своем сообщении, который принимает рецессивное или доминантное значение в зависимости от версии, что оставляет возможность для внедрения новых CAN шин даже в уже существующие системы.

CAN-шина объединяет электронную систему автомобиля, через нее производится диагностика транспортных средств [3]. При исправной системе, если CAN-шина передает информацию, напряжение на CAN_H должно изменяться от 2,5 до 3,5 В, а на CAN_L – от 2,5 до 1,5 В. На разъеме OBD-2 (On-Board Diagnostics) 6 и 14 пины служат для подключения к CAN-шине (рис. 5).

При классической схеме сопротивление на шине должно быть 60 Ом, так как там включены 2 резистора по 120 Ом параллельно. Однако необходимо изучить электронную схему автомобиля, который диагностируется перед

измерением сопротивления, так как в OBD-2 может быть подключен только один резистор.

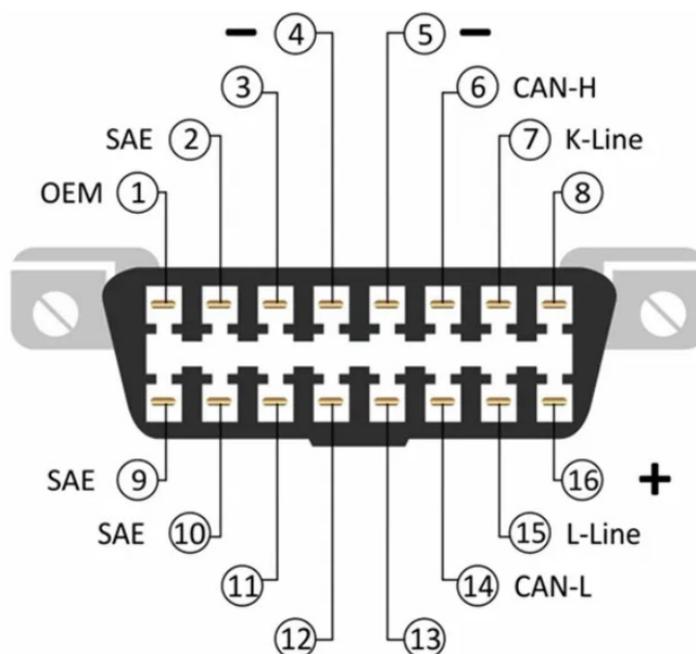


Рисунок 5 – OBD-2 разъем

При классической схеме сопротивление на шине должно быть 60 Ом, так как 2 резистора на 120 Ом подключены параллельно. Однако необходимо изучить электронную схему автомобиля, который диагностируется перед измерением сопротивления, так как OBD-2 может быть подключен и к только одному резистору.

Заключение

Таким образом, CAN-шина стала мировым стандартом в автомобилестроении и не только, она применяется также и в машиностроении и кораблестроении. Это решение позволяет использовать постоянно усложняющиеся системы современного транспорта, не ухудшая при этом других характеристик. CAN-шина также предоставляет доступ к удобному и быстрому диагностированию техники, улучшая качество обслуживания транспортных средств.

Если раньше диагностика электронной системы автомобиля было сложной задачей, и отличалась, для каждого транспортного средства, то сегодня это значительно облегчается использованием единого протокола и унифицированных решений.

Литература

1. elm3 [Электронный ресурс]/ CAN-шина. Просто и понятно – Режим доступа: <https://elm3.ru/wiki/can-shina> – Дата доступа: 20.09.2024
2. emqx [Электронный ресурс]/ CAN Bus: What Is It and How Does It Work – Режим доступа: <https://www.emqx.com/en/blog/can-bus-how-it-works-pros-and-cons#what-is-can-bus> – Дата доступа: 20.09.2024
3. Galileosky [Электронный ресурс]/ Принципы работы с CAN-шиной – Режим доступа: <https://base.galileosky.com/articles/#!docs-publication/can-bus-basic-principles> – Дата доступа: 20.09.2024