

Микроконтроллеры NEC для автомобильной электроники – 2

Иосиф Каршенбойм, iosifk@eltech.spb.ru

(продолжение статьи, опубликованной в альманахе № 3'2006)

ВВЕДЕНИЕ

Что известно о микроконтроллерах NEC?

- Это микроконтроллеры для ответственных применений.
- Сертифицированы по “автомобильному” стандарту.
- Индустриальный диапазон температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Большой модельный ряд по встроенной памяти и стандартной периферии.
- Большое число корпусов.
- Есть возможность перепрограммирования в системе.
- Есть аппаратная поддержка, повышающая надежность работы памяти.

Что новое есть в микроконтроллерах NEC, и о чем еще не писали в альманахе?

Порт UART поддерживает стандарт шины LIN(Local Interconnect Network).

Встроенный LCD-контроллер.

Далее начинаем с того места, где закончили предыдущую статью.

И вот что скажет скептик: “Знаем мы Вас, Вам только дай написать”. Но, как говорится, факт есть факт: каждый европейский (даже не японский) автомобиль Peugeot 206 имеет “на борту” 27 микроконтроллеров фирмы NEC, да, да именно 27 микроконтроллеров в каждой машине. А есть еще и Ford, и GM Rover, и Toyota. А в дорогих и престижных машинах число микроконтроллеров может быть значительно больше.

А как организована работа такого “стада” микроконтроллеров? В современном автомобиле для объединения микроконтроллеров используется сеть. Пример организации сети для автомобиля показан в Л[1], а часть такой сети показана на рис. 1. Наиболее распространенным в данном сегменте рынка, на сегодняшний день стандартом сети является CAN. Примеры использования сети CAN достаточно широко описаны. Но, кроме всем известной сети CAN, также набирает популярность и сеть LIN. Сеть LIN поддерживают все передовые изготовители микросхем для промышленных применений, и в том числе для автоэлектроники. Некоторые вопросы применения сети LIN и ее описания будут рассмотрены в этой статье.

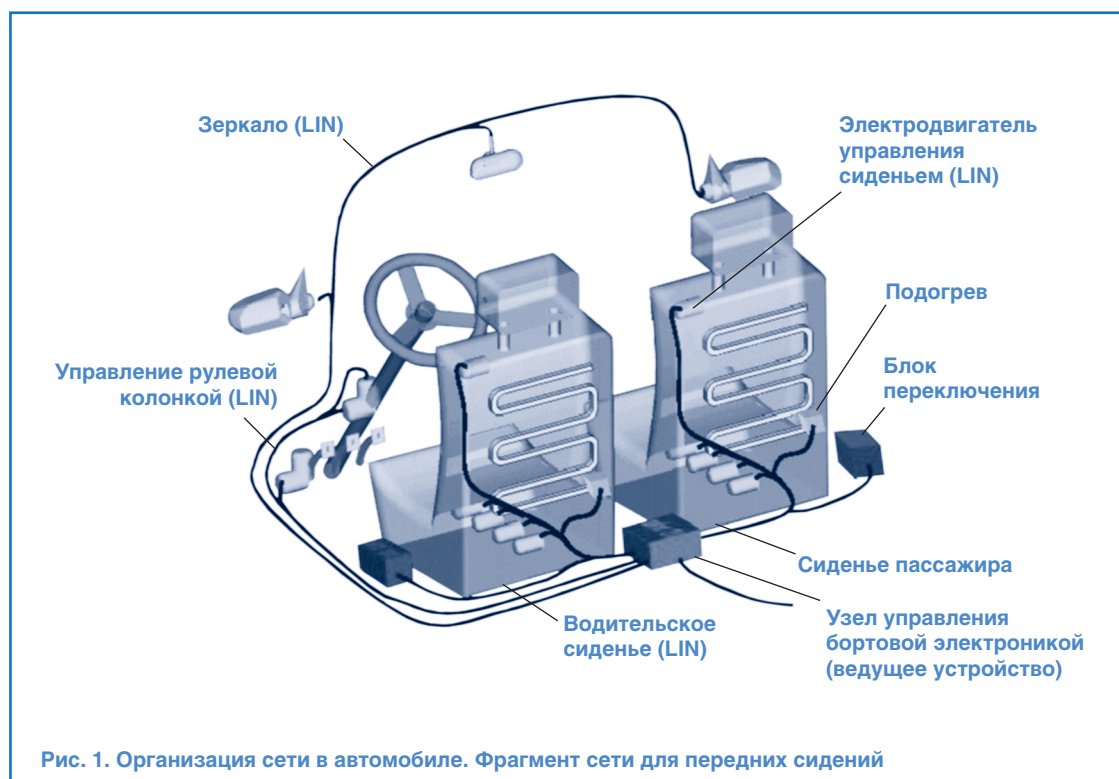


Рис. 1. Организация сети в автомобиле. Фрагмент сети для передних сидений

ОПИСАНИЕ СЕТИ LIN

LIN – новая интенсивно-развивающаяся сеть для использования в промышленности и, в том числе, в автомобильном транспорте. Основное ее преимущество – низкая стоимость подключения к сети. Логотип этой сети показан на рис. 2. Интерфейс LIN поддерживается всеми ведущими поставщиками электронных компонентов для автоэлектроники. LIN дополняет шину CAN, занимая те места в сети, для которых не требуется высокая производительность, см. Л[2,3]. На рис. 3 приведена диаграмма характеристик различных интерфейсов в зависимости от скорости передачи данных и стоимости подключения к сети. Сети LIN обычно выполняются как подсети CAN и подключаются к межсетевым контроллерам CAN-LIN. На рис. 4 показан фрагмент выполнения сетей CAN и сетей CAN + LIN.



Рис. 2. Логотип сети LIN

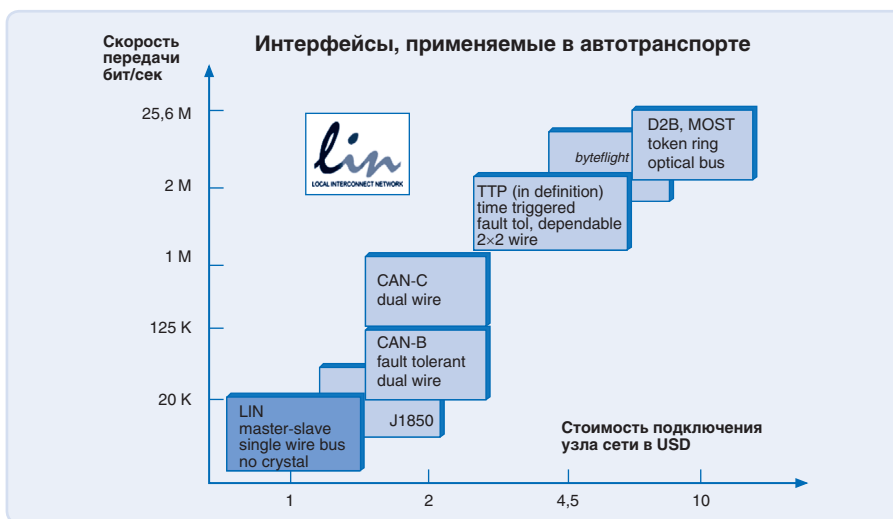


Рис. 3. Характеристики различных интерфейсов в зависимости от скорости передачи данных и стоимости подключения к сети

Концепции интерфейса LIN:

- дешевый однопроводный интерфейс в соответствии с ISO 9141;
- скорость в линии до 20 Кбит/Сек, ограниченная для улучшенной электромагнитной совместимости;
- один “master” – множество “slave”;
- не требует арбитража;
- не требует дополнительных аппаратных средств, в основе использования обычный порт UART/SCI;
- ведомые микроконтроллеры производят самосинхронизацию по ведущему микроконтроллеру сети;
- гарантированная задержка при передаче сообщений.

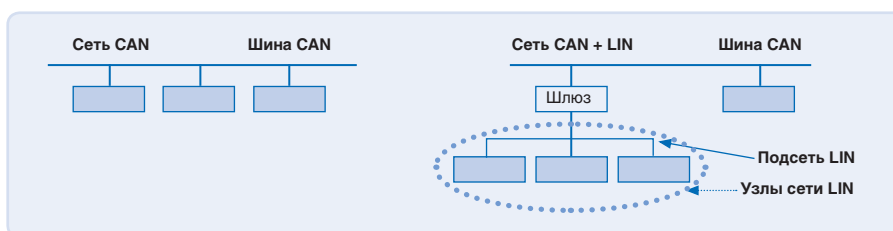


Рис. 4. Фрагмент выполнения сетей CAN и сетей CAN + LIN

Реализация сетей LIN на микроконтроллерах фирмы NEC

Микроконтроллеры фирмы NEC Electronics, содержащие новый усовершенствованный LIN UART работают в сетях LIN как “master” или “slave”. Для использования микроконтроллерного устройства, оптимизированного по скорости выполнения или по объему кода, фирма NEC Electronics осуществила специальные функциональные дополнения к ядру UART для того, чтобы облегчить обработку заголовков кадров LIN. LIN UART имеет следующие возможности. Он поддерживает все специфические для LIN скорости передачи. Он также поддерживает все кадры LIN, длительность сигнала синхронизации может устанавливаться программно (стандартный UART) или в специальном регистре (LIN UART). Поскольку прием сообщений ведется кадрами, то при приеме кадра необходимо определить, что именно принимает приемник в текущий момент времени: паузу между кадрами или поле синхронизации. Для этого стандартный UART перестраивается на пониженную тактовую частоту и производится прием

данных. Далее, определив, что принята информация, соответствующая полю синхронизации, необходимо снова перестроить UART на номинальную тактовую частоту. В случае применения LIN UART эта процедура значительно упрощается, поскольку LIN UART имеет специальный таймер для определения поля синхронизации. Блок-схема ядра UART микроконтроллеров приведена на рис. 5.

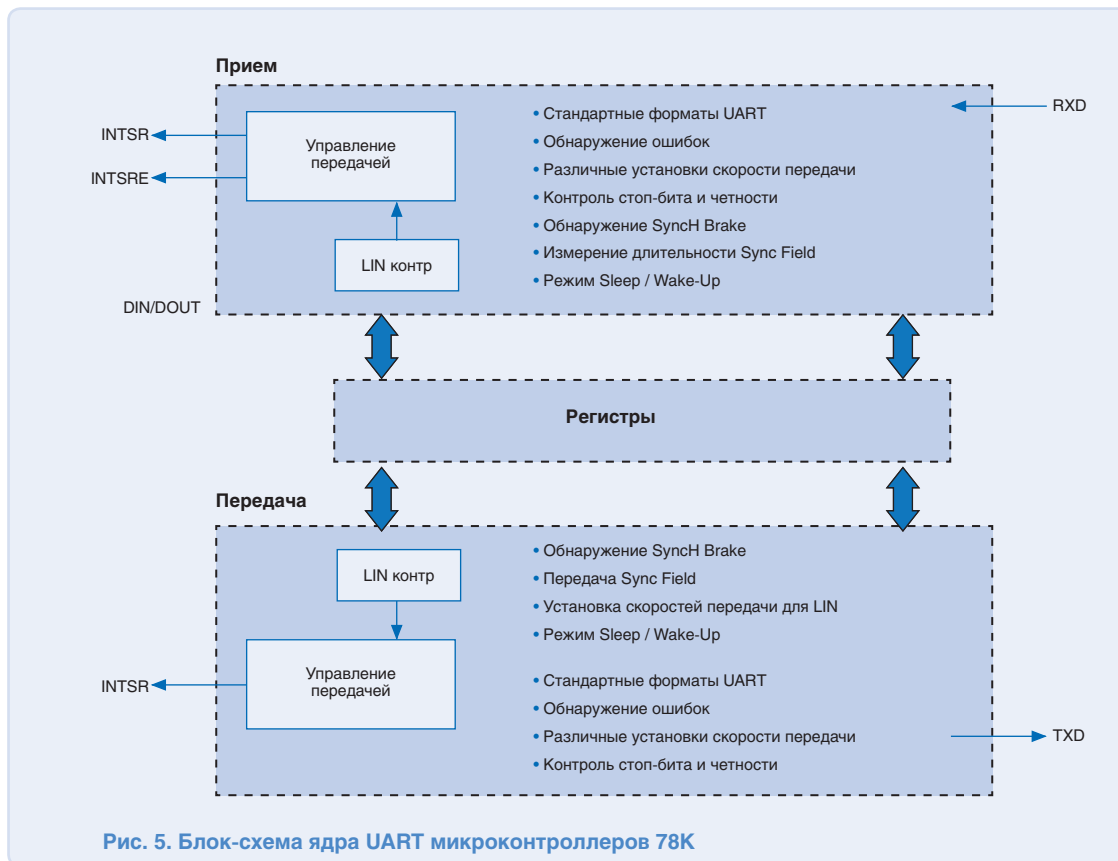


Рис. 5. Блок-схема ядра UART микроконтроллеров 78K

Семейство микроконтроллеров 78k0 фирмы NEC Electronic, имеющее разрядность 8 бит, рассматривается в сети LIN, в основном, как устройства “slave”, в то время как 32-разрядное семейство V850 оптимизировано для использования как “master” – и используется как межсетевой контроллер CAN/LIN. Характеристики микроконтроллеров приведены в табл. 1.

| Таблица 1 | | Характеристики микроконтроллеров 78k0 и V850 | | | | |
|------------|--------------------|--|---------------|------------------------|--------------------|--------------|
| Семейство | Разрядность, (бит) | ROM, (Kbytes) | RAM, (Kbytes) | Число каналов UART/LIN | Standard/ LIN UART | CAN Channels |
| 78K0(S) | 8 | 2–60 | 0,1–5 | до 2 | Std/LIN | до 1 |
| 78K0/Kx1 | 8 | 4–60 | 0,25–2 | до 2 | LIN | – |
| V850(E)(S) | 32 | 0–512 | 4–32 | до 3 | Std/LIN | до 5 |
| V850ES/Fx2 | 32 | 64–512 | 4–30 | до 4 | LIN | до 4 |

Спецификация LIN

Стандарт LIN охватывает спецификацию протокола передачи, среды передачи, интерфейс между программными инструментальными средствами.

Далее приводится краткое описание некоторых частей стандарта LIN.

Физический уровень интерфейса

Прием и передача осуществляется по однопроводному интерфейсу в соответствии со стандартом ISO 9141. Схема выходного каскада показана на рис. 6. Диаграмма уровней напряжения в линии для приемника и передатчика показана на рис. 7. Выходные напряжения для передатчика должны соответствовать следующему условию:

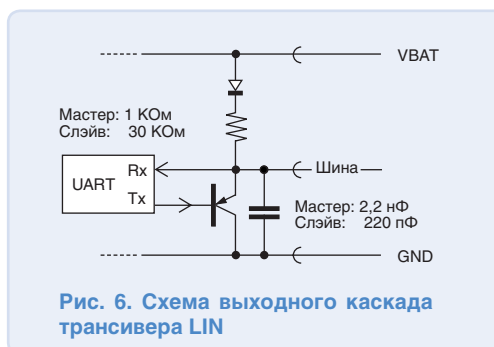


Рис. 6. Схема выходного каскада трансивера LIN

- Низкий/Высокий уровни передатчика – max 20% / min 80% VBAT, где VBAT – напряжение бортовой сети электропитания.

Входные напряжения для приемника должны соответствовать следующему условию:

- Низкий/Высокий уровни приемника – min 40% / max 60 % VBAT, где VBAT – напряжение бортовой сети электропитания.

Скорость нарастания напряжения в линии 1–2 В/мксек.

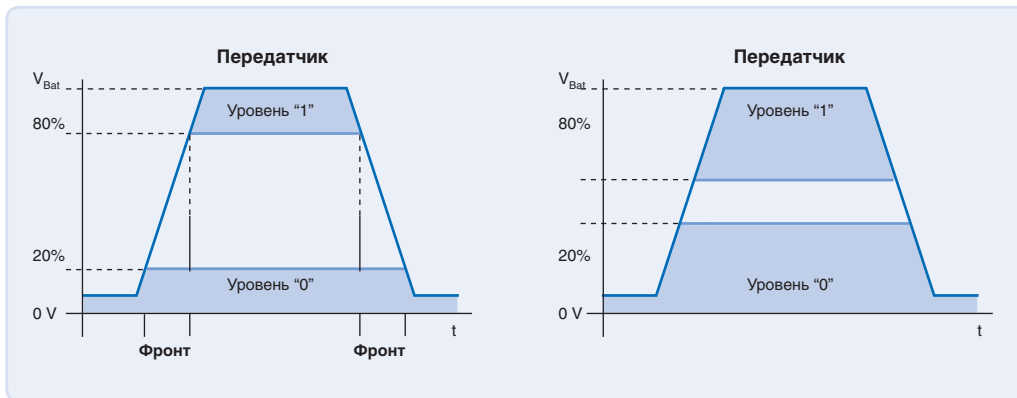


Рис. 7. Диаграмма уровней напряжения в линии для приемника и передатчика трансивера LIN

Уровень передачи данных LIN. Протокол передачи для “Master” и “Slave”

В передаче данных по сети участвуют как минимум два абонента сети: “master” и “slave”. Соответственно, протокол передачи данных может быть описан как последовательность действий, выполняемая двумя этими абонентами, см. рис. 8.

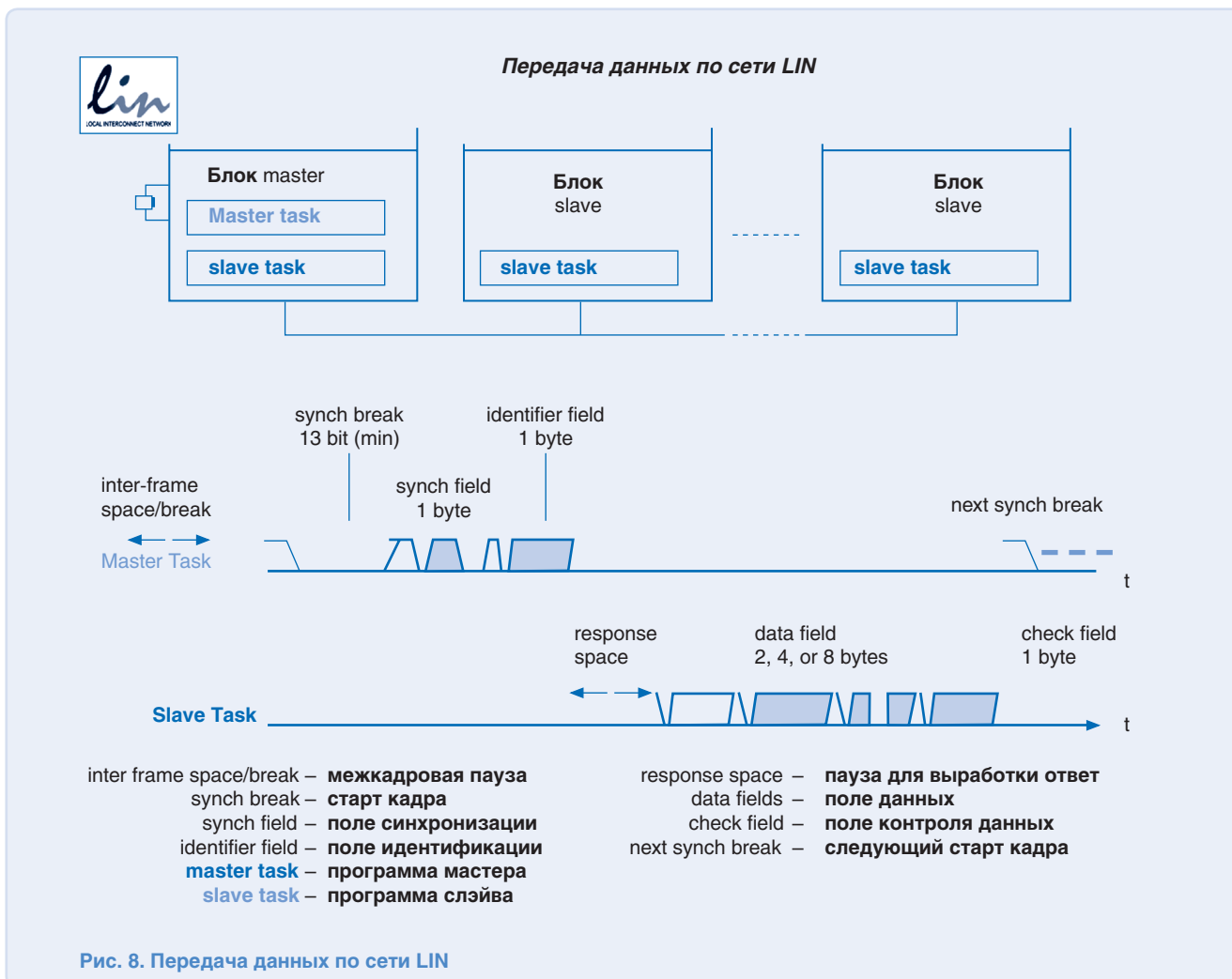


Рис. 8. Передача данных по сети LIN

Функции, выполняемые мастером сети

- “master” сети выполняет управление обменом данными по шине. Он определяет, кто и какое сообщение будет передавать по шине. Он также ведет обработку ошибок, возникающих при работе шины.

Для организации обмена данными по шине “master” выполняет следующие действия:

- посылает синхронизирующую паузу;
- посылает синхронизирующий байт;
- посылает поле идентификатора;
- контролирует байты данных и контрольный байт;
- получает сигнал “WakeUp” от подчиненных узлов, когда шина неактивна, и они запрашивают некоторое действие;
- служит опорной синхрочастотой для сети, (синхрочастота определяется по продолжительности синхронизирующего байта).

Заголовок кадра формируется мастером сети следующим образом:

- “master” выполняет перерыв сигнала, этим он формирует состояние начала кадра;
- “master” выдает байт сигнала начала блока – этот байт служит для определения базы времени (определение интервала времени между двумя положительными фронтами);
- “master” выдает байт – ПОЛЕ ИДЕНТИФИКАТОРА. Этот байт содержит информацию об отправителе, получателе (ях), цели, и длине поля данных. 6 битов этого поля содержат информацию о длине посылки. Возможны посылки, содержащие 2/4/8 байтов данных. Кодирование длины посылки находится в 2 старших битах поля идентификатора. Всего возможно 64 идентификатора сообщений. 2 дополнительных бита четности защищают поле идентификатора от ошибок.

Функции, выполняемые абонентом “slave”

- “slave” является одним из 2–16 абонентов на шине и получает или передает данные, только тогда, когда мастер шины посылает соответствующий идентификатор;
- “slave” ждет синхронизирующего перерыва;
- “slave” синхронизируется на синхронизирующем байте;
- “slave” проверяет приходящий из сети идентификатор на соответствие со своим адресом в сети;
- согласно идентификатору, “slave” решает, что ему необходимо сделать – получать данные, передавать данные или не делать ничего;
- при передаче “slave” посылает 2, 4, или 8 байтов данных и контрольный байт;
- узел сети, служащий мастером может быть также и “slave”!

Итак, коротко, что является основой сети LIN? Основой сети LIN является способ определения начала кадра для передачи сообщения. В MCS-51 для этой цели использовался бит четности. В интерфейсе LIN для определения начала кадра используется 13 битовый интервал низкого уровня. Даже если приемник получает посылки данных с кодом 0x0 нормальной длительности (в коде 8N1), то это не соответствует 13 битовому интервалу низкого уровня. Таким образом, только в том случае, если приемник получает посылку данных с 13 битовым интервалом низкого уровня, он переходит к ожиданию приема посылки синхронизации с кодом 0x55. Посылка синхронизации имеет нормальную длительность, соответствующую номинальной скорости передачи данных в сети. Получив такую посылку, приемник начинает обрабатывать заголовок кадра.

Подробное описание работы сети LIN с примерами программирования для микроконтроллеров серии V85x и 78k0 можно найти в Л[4,5]. О синхронизации протокола LIN более подробно можно прочитать в Л[6].

Предсказуемость работы сети LIN

При разработке системы управления объектом, важно знать за какое время будет передана команда на объект управления и как скоро можно получить от него ответ. Интерфейс LIN построен таким образом, что известно число передаваемых от мастера к слэйву данных, известно так же и число байтов данных передаваемых от слэйва к мастеру. Обычно бывает известно и время реакции слэйва на запрос от мастера. Поэтому при работе интерфейса LIN можно заранее определить время, требуемое для доставки сообщения и время, требуемое на запрос данных.

Характеристики сетей CAN и LIN

В табл. 2 приводятся сравнительные характеристики между интерфейсами LIN и CAN. В табл. 3 приводятся требования по объему памяти и загрузке микроконтроллеров при решении задач передачи данных по интерфейсами LIN и CAN.

Таблица 2 Сравнительные характеристики между интерфейсами LIN и CAN

| Параметры | LIN | CAN |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| Режим управления сетью | Только один мастер | Может быть несколько мастеров |
| Скорость передачи данных | 2,4 ... 19,6 kbps | 62,5 ... 500 kbps |
| multicast message routing | 6-bit identifier | 11 / 29-bit identifier |
| Типовое число узлов в сети | 2 ... 10 узлов | 4 ... 20 узлов |
| Кодирование bit / byte | NRZ 8N1 (UART) | NRZ w/ bit stuffing |
| Байтов данных в кадре | 2, 4, 8 байт | 0 ... 8 байт |
| Время передачи для 4-х байт данных | 3,5 мСек при 20 kbps | 0,8 мСек при 125 kbps |
| Защита данных от ошибок (data field) | 8-bit checksum | 15-bit CRC |
| Физический уровень | Одиночный провод, 13,5 В | Витая пара, 5 В |
| кварц/керамический резонатор | нет (кроме мастера) | да |
| Относительная стоимость одного подключения к сети | x 0,5 | x 1 |

Таблица 3 Требования по объему памяти и загрузке микроконтроллеров при решении задач передачи данных по интерфейсами LIN и CAN

| | network speed [kbps] | CPU clock [MHz] | CPU load [%] | memory flash/ROM [byte] | memory RAM [byte] |
|----------------------------|----------------------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| LIN 16-bit master | 19,2 | 4 | 10 | 1200 | 25 |
| LIN 8-bit slave w/o quartz | 19,2 | 4 | 15 | 7500 | 22 |
| LIN 8-bit slave w/o quartz | 19,2 | 4 | 6 | 650 | 20 |
| CAN 16-bit node | 125 | 8 | 15 | 3000 | 150 |

Программные инструменты

В понятие LIN входит набор аппаратных и программных инструментов, при помощи которых можно произвести разработку, конфигурацию, и обслуживание сети. Набор программных инструментов позволяет производить обмен данными между программами. Последовательность применений программных инструментов и технологический процесс программирования и отладки показаны на рис. 9.

Главные инструментальные средства – менеджер базы данных сигналов для сети LIN Database Manager (LDM), конфигурационный менеджер LIN (LIN Configuration Tool – LCFG), программный компилятор и компоновщик, и инструмент анализа шины (LINspector). Менеджер базы данных сигналов – инструмент для определения, конфигурации и обслуживания сетей LIN. Это – программа, выполняемая на Windows PC, которая фиксирует все свойства проекта LIN, включая определение сигналов, узлов, интерфейсов, и требований ко времени ожидания. При выполнении проекта менеджером базы данных создается требуемая проектная конфигурация, включающая сети, функции, и сигналы, проходящие через шлюзы. Упаковщик кадров и сообщений упаковывает сигналы в кадры и создает списки сообщений. Выполняется временной анализ, что гарантирует, что все требования синхронизации сигналов будут выполнены, и выдается сообщение о том можно ли выполнить заданную конфигурацию или нет. На конечном этапе разработки, файл конфигурации LIN генерируется вместе с сообщениями, описывающими параметры определенного узла или сети. Этот файл конфигурации содержит всю существенную сетевую информацию и является исходным файлом для анализатора сети и менеджера конфигурации, который объединяет сетевую информацию с информацией о подключаемом оборудовании – ECU и генерирует задаваемую конфигурацию LIN как С-код. Этот код конфигурации компилируется совместно с кодом оборудования – ECU и далее загружается как “прошивка”

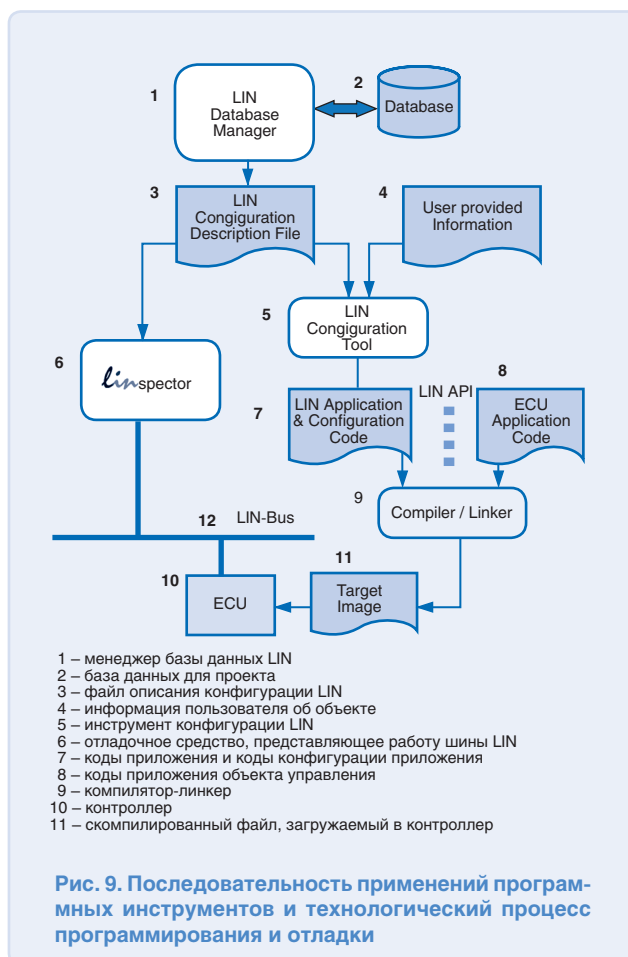


Рис. 9. Последовательность применений программных инструментов и технологический процесс программирования и отладки

микроконтроллер узла сети. LIN Application Programmer's Interface (API) позволяет разработчику программного обеспечения выполнять программирование абстрагируясь от подробностей передачи данных и это позволяет построить систему, для которой прикладной код может быть разработан независимо от той функции, которую выполняет в сети данный абонент сети.

Для удобства работы с базой данных сигналов сети LIN был разработан язык описания конфигурации LIN, который описывает формат файла конфигурации LIN. Этот язык используется, чтобы конфигурировать сеть и служит общим интерфейсом между производителем комплексного оборудования и поставщиками различных сетевых узлов, так же как и для ввода данных в программные инструментальные средства разработки и анализа. Соотношение между программными и аппаратными инструментами для интерфейса LIN показано на рис. 10.

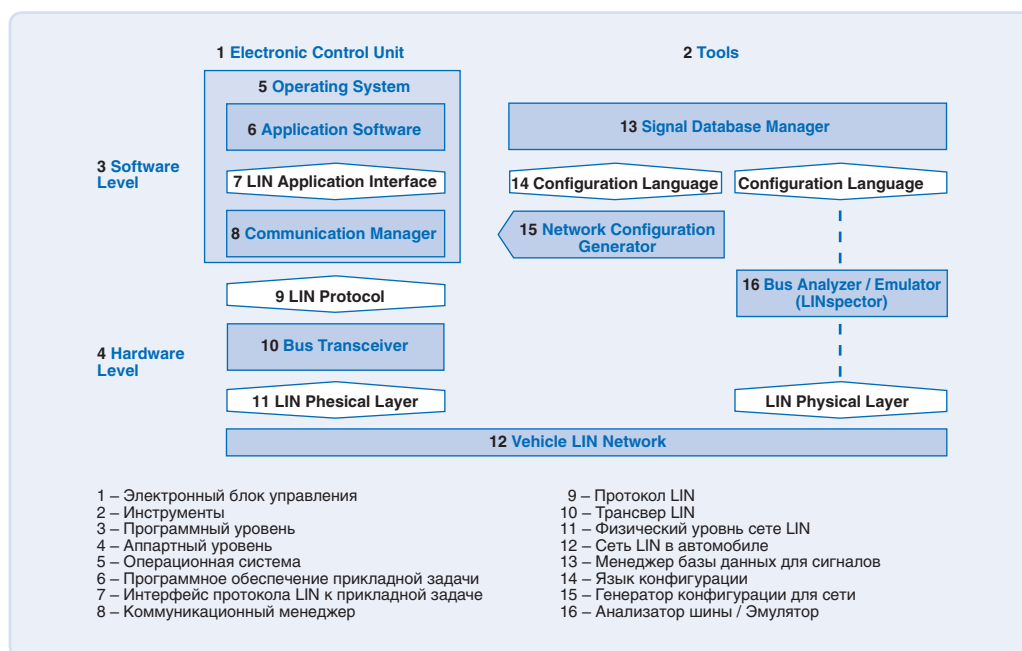


Рис. 10. Соотношение между программными и аппаратными инструментами для интерфейса LIN

ВЫВОДЫ

Стандарт LIN охватывает спецификацию протокола передачи, среды передачи, интерфейс между инструментальными средствами разработки, и интерфейсами для передачи параметров из одной программы в другую. LIN гарантирует способность к взаимодействию сетевых узлов с точки зрения аппаратных средств и программного обеспечения, а также электромагнитную совместимость сетевых узлов.

Шина LIN применяется в тех приложениях, где есть требования по управлению оборудованием при низкой стоимости подключения к сети. Это позволяет стандартизировать проектирование и значительно сокращает трудозатраты при подключении к сети таких приборов как различного рода датчики и приводы. В спецификации шины LIN – версии 2.0 была сделана поддержка режима Plug and Play.

Фирма NEC Electronics осуществила специальные аппаратные дополнения к ядру UART (LIN UART) и предлагает исходные коды драйверов “master” и “slave” для работы в сети LIN.

Стандарт LIN сегодня – это не только “бумажный документ”. Уже сегодня изготовители автомобилей поставляют свою продукцию с магистральными системами LIN.

Широкий диапазон инструментальных средств отладки и контроля, аппаратных и программных компонентов доступны на рынке уже сегодня.

Высокое качество работы и способность к взаимодействию (Plug and Play) достигаются через хорошо определенную методику разработки проектов и испытания на соответствие стандартам интерфейса.

Литература

1. http://www.ee.nec.de/_pdf/U17575EE1V0PF00.PDF
2. LIN Specification www.LIN-subbus.org.
3. LIN Application Note www.ee.nec.de/LIN.
4. “NEC V85x – 78k0 – 78k0S Single-Chip Microcontroller Standalone NEC LIN-driver for Master and Slave” Application Note; www.eu.necel.com/applications/automotive/documents/EACT_AN-5502_2_2.pdf.
5. Introduction to LIN. Hans-Christian von der Wense. introduction_to_lin.pdf.
6. “LIN – Protocol, Development Tools, and Software Interfaces for Local Interconnect Networks in Vehicles” Dr.-Ing. J. Will Specks, Motorola GmbH, Munich Antal Rajna@k, Volcano Communications Technologies, Gothenburg (S).
7. <http://www.computer-solutions.co.uk/gendev/can-lite.htm>