

# Микроконтроллеры NEC для автомобильной электроники-2

## Введение

Микроконтроллеры NEC разрабатывались для ответственных применений. Они сертифицированы по «автомобильному» стандарту и работают в промышленном диапазоне температур (-40...+85 °С). Модельный ряд этих МК содержит множество вариантов с различными объемами встроенной памяти и наборами стандартной периферии, а также большое число корпусов. Есть возможность перепрограммирования в системе и аппаратная поддержка памяти, повышающая надежность ее работы.

Из особенностей микроконтроллеров NEC нужно отметить две: порт UART поддерживает стандарт шины LIN (Local Interconnect Network); МК имеют встроенный контроллер ЖКИ.

Каждый европейский (даже не японский) автомобиль Peugeot 206 имеет «на борту» 27 микроконтроллеров фирмы NEC. А есть еще и Ford, и GM Rover, и Toyota. А в дорогих и престижных машинах число микроконтроллеров может быть значительно больше.

Как же организована работа такого «стада» микроконтроллеров? В современном автомобиле для объединения микроконтроллеров используется сеть. Пример организации сети для автомобиля приведен в документации [1], а фрагмент такой сети показан на рис. 1. Наиболее распространенным стандартом сети в данном сегменте рынка на сегодняшний

день является CAN. Примеры использования сети CAN достаточно широко описаны. Но помимо нее набирает популярность и сеть LIN. Сеть LIN поддерживают все передовые изготовители микросхем для промышленности и автоэлектроники.

## Описание сети LIN

LIN — новый интенсивно развивающийся стандарт сетей для использования в промышленности и в автомобильном транспорте. Основное его преимущество — низкая стоимость подключения к сети. 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 [2, 3]. На рис. 2 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. 3 показан фрагмент выполнения сетей CAN и сетей CAN + LIN.

Концепции интерфейса LIN:

- дешевый однопроводной интерфейс в соответствии с ISO 9141;
- скорость в линии до 20 кбит/с, ограниченная для улучшенной электромагнитной совместимости;

- один ведущий микроконтроллер («master») — множество ведомых («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.

## Реализация сетей LIN на микроконтроллерах фирмы NEC

Микроконтроллеры фирмы NEC Electronics, содержащие новый усовершенствованный LIN UART, работают в сетях LIN как «master» или «slave». Фирма NEC Electronics дополнила ядро UART специальными функциями для того, чтобы облегчить обработку заголовков кадров LIN микроконтроллерами, оптимизированными как по скорости выполнения, так и по объему кода.

LIN UART поддерживает все специфические для LIN скорости передачи и все типы кадров 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 при-

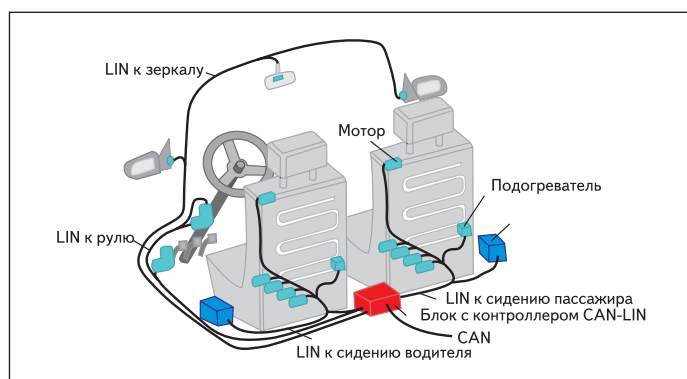


Рис. 1. Организация сети в автомобиле. Фрагмент сети для передних сидений

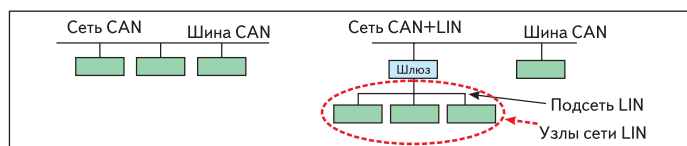


Рис. 3. Фрагмент выполнения сетей CAN и сетей CAN + LIN

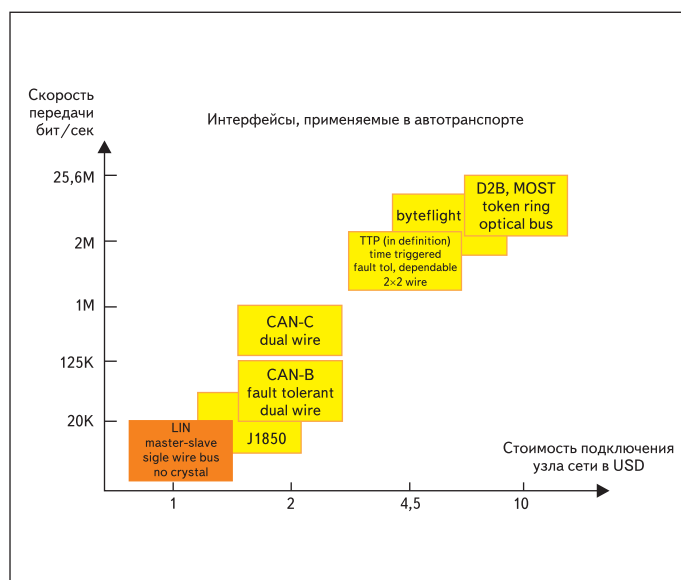


Рис. 2. Характеристики различных интерфейсов в зависимости от скорости передачи данных и стоимости подключения к сети

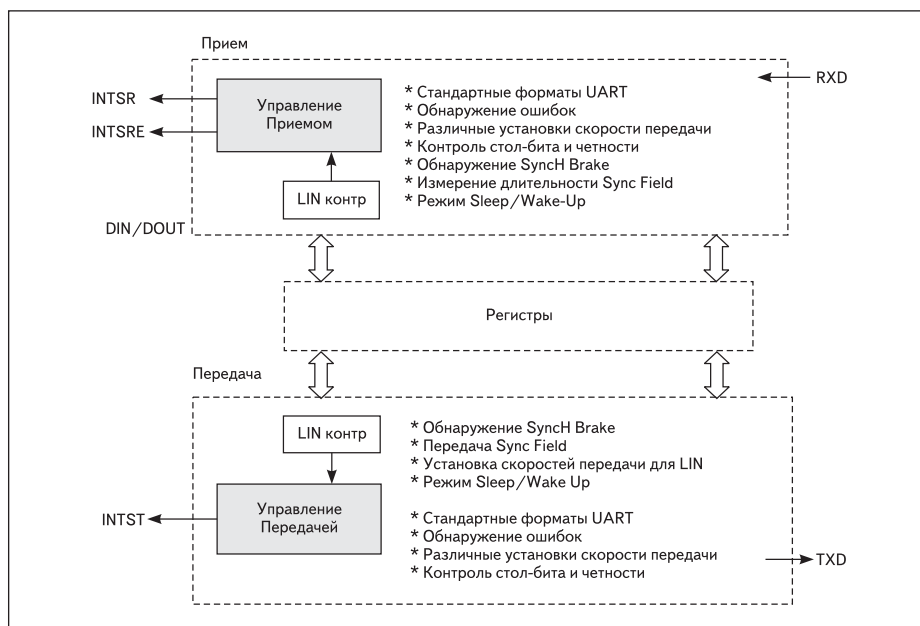


Рис. 4. Блок-схема ядра UART микроконтроллеров 78K

Таблица 1. Характеристики микроконтроллеров 78K0 и V850

Семейство	Разрядность, бит	Объем ПЗУ, кбайт	Объем ОЗУ, кбайт	Число каналов UART/LIN	Стандарт/LIN UART	Число каналов CAN
78K0(S)	8	2–60	0,1–5	до 2	Стандарт/LIN	до 1
78K0/Kx1	8	4–60	0,25–2	до 2	LIN	–
V850(E)(S)	32	0–512	4–32	до 3	Стандарт/LIN	до 5
V850ES/Fx2	32	64–512	4–30	до 4	LIN	до 4

нимает 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 приведена на рис. 4.

Семейство 8-разрядных микроконтроллеров 78K0 фирмы NEC Electronic используется в сети LIN в основном, в качестве устройств «slave», в то время как 32-разрядное семейство V850 оптимизировано для использования в качестве устройств «master» для создания

межсетевых контроллеров CAN/LIN. Характеристики этих микроконтроллеров приведены в таблице 1.

### Стандарт LIN

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

Приведем краткое описание некоторых частей стандарта LIN.

### Физический уровень интерфейса

Прием и передача осуществляется по однопроводному интерфейсу в соответствии со стандартом ISO 9141. Схема выходного

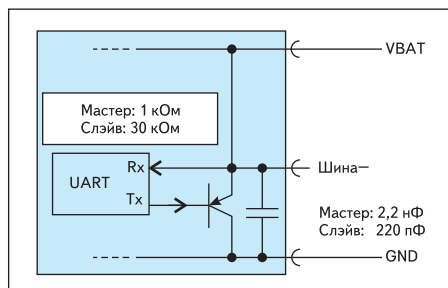


Рис. 5. Схема выходного каскада трансивера LIN

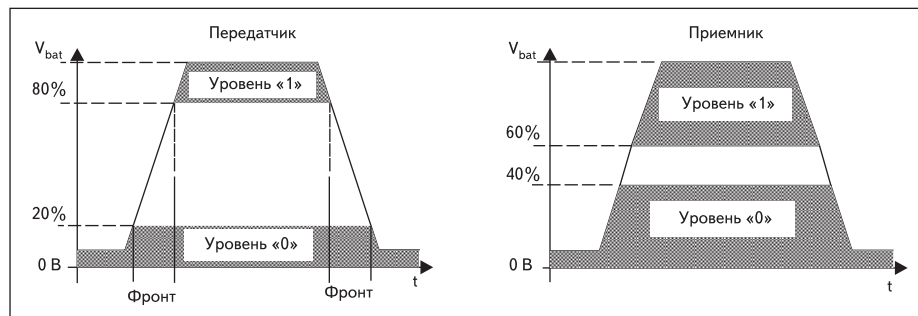


Рис. 6. Диаграмма уровней напряжения в линии для приемника и передатчика трансивера LIN

каскада и диаграмма уровней напряжения в линии для приемника и передатчика показаны на рис. 5 и 6 соответственно. Выходные напряжения для передатчика должны соответствовать следующему условию: низкий/высокий уровни передатчика — макс. 20%/мин. 80% VBAT, где VBAT — напряжение бортовой сети электропитания.

Входные напряжения для приемника должны соответствовать следующему условию: низкий/высокий уровни приемника — мин. 40%/макс. 60% VBAT, где VBAT — напряжение бортовой сети электропитания.

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

### 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 (рис. 7).

«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;
- когда шина неактивна, получает сигнал «WakeUp» от подчиненных узлов, запрашивающих некоторое действие;
- генерирует опорную синхрочастоту 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);

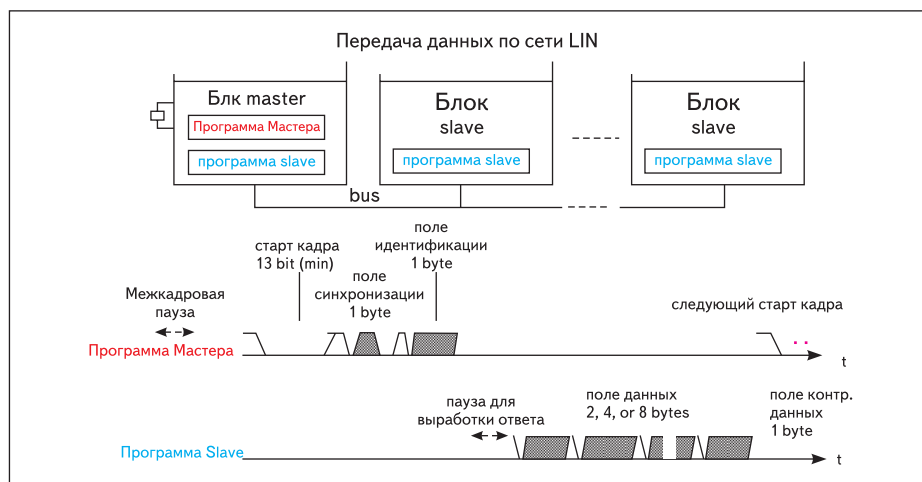


Рис. 7. Передача данных по сети LIN

- «master» выдает байт «поле идентификации». Этот байт содержит информацию об отправителе, получателе (или получателях), цели и длине поля данных. Шесть битов этого поля содержат информацию о длине посылки. Возможны посылки, содержащие 2, 4 или 8 байтов данных. Кодирование длины посылки находится в двух 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 абонентов на шине (коих может быть от 2 до 16) и получает или передает данные только тогда, когда «master» посылает соответствующий идентификатор;
- «slave» ждет синхронизирующего перерыва;
- «slave» синхронизируется на синхронизирующем байте;

- «slave» проверяет приходящий из сети идентификатор на соответствие своему адресу в сети;
- согласно идентификатору «slave» решает, что ему необходимо делать — получать, передавать данные или не делать ничего;
- при передаче «slave» посылает 2, 4 или 8 байтов данных и контрольный байт;
- узел сети, служащий ведущим устройством, может быть также и ведомым.

Итак, 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-битный интервал низкого уровня. Даже если приемник получает посылки данных с кодом 0x0 нормальной длительности (в коде 8N1), то это не соответствует 13-битному интервалу низкого уровня. Таким образом, только в том случае, если приемник получает посылку данных с 13-битным 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.

### 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.

В таблице 2 приводятся сравнительные характеристики между интерфейсами LIN и CAN. В таблице 3 приводится информация по необходимому объему памяти и по загрузке микроконтроллеров при решении задач передачи данных по интерфейсам LIN и CAN.

### Программные инструменты

LIN — это набор аппаратных и программных инструментов, при помощи которых можно произвести разработку, конфигурацию и обслуживание сети. Программные инструменты позволяют производить обмен данными между программами. Последовательность применения программных инструментов и технологический процесс программирования и отладки показаны на рис. 8.

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, кбит/с	2,4–19,6	62,5–500
multicast message routing	6-разрядный идентификатор	11/29-разрядный идентификатор
Типовое число узлов в сети, узлов	2–10	4–20
Кодирование бит/байт	NRZ 8N1 (UART)	NRZ с подстановкой
Байт данных в кадре, байт	2, 4, 8	0–8
Время передачи для 4 байт данных	3,5 мс при 20 кбит/с	0,8 мс при 125 кбит/с
Защита данных от ошибок (data field)	8-разрядная контрольная сумма	15-разрядный циклический избыточный код
Физический уровень, В	Одиночный провод, 13,5	Витая пара, 5
Кварц/керамический резонатор	нет (кроме мастера)	да
Относительная стоимость одного подключения к сети	×0,5	×1

Таблица 3. Необходимый объем памяти и загрузка микроконтроллеров при решении задач передачи данных по интерфейсам LIN и CAN

	Скорость передачи данных в сети, кбит/с	Тактовая частота центрального процессора, МГц	Загрузка центрального процессора, %	Объем памяти ЭСППЗУ/ПЗУ, байт	Объем ОЗУ, байт
LIN 16-бит master	19,2	4	10	1200	25
LIN 8-бит slave без кварца	19,2	4	15	7500	22
LIN 8-бит slave без кварца	19,2	4	6	650	20
CAN 16-бит node	125	8	15	3000	150

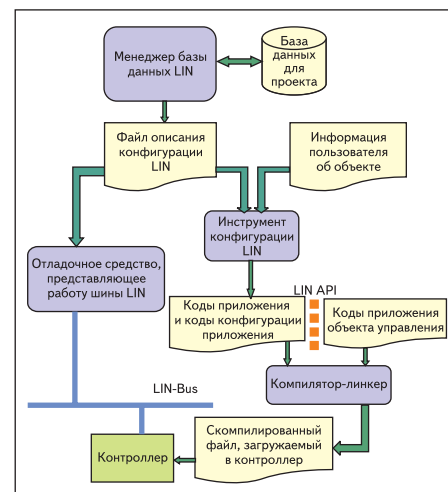


Рис. 8. Последовательность применения программных инструментов и технологический процесс программирования и отладки

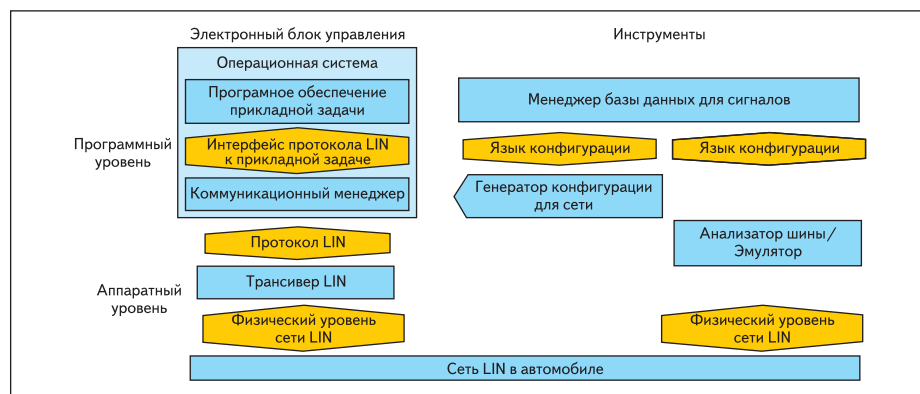


Рис. 9. Соотношение между программными и аппаратными инструментами для интерфейса LIN

Главные инструментальные средства — менеджер базы данных сигналов для сети LIN Database Manager (LDM), конфигурационный менеджер LIN (LIN Configuration Tool — LCFG), программный компилятор и компоновщик, а также инструмент анализа шины (LINspecter).

Менеджер базы данных сигналов — инструмент для определения, конфигурации и обслуживания сетей LIN. Это программа, выполняемая на ПК с ОС Windows, 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.

Затем 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 Си-код.

Этот код конфигурации компилируется совместно с кодом оборудования и загружается как «прошивка» микроконтроллера 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 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 для конфигурирования сети и служит общим интерфейсом между производителем комплексного оборудования и поставщиками различных сетевых узлов, а также для ввода данных в программные инструментальные средства разработки и анализа. Соотношение между программными и аппаратными инструментами для интерфейса LIN показано на рис. 9.

## Выводы

Стандарт LIN охватывает спецификацию протокола передачи, среды передачи, взаимо-

действие инструментальных средств разработки с 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 требуется управление оборудованием при низкой стоимости подключения к сети. Это позволяет стандартизировать проектирование и значительно сокращает трудозатраты при подключении к сети таких приборов, как датчики и приводы. В спецификации шины LIN 2.0 появилась поддержка режима Plug and Play.

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

Стандарт LIN — это не просто «бумажный» документ. Уже сегодня изготовители автомобилей поставляют свою продукцию с магистральными системами LIN.

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

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

## Литература

1. [http://www.ee.nec.de/\\_pdf/U17575EE1V0PF00.PDF](http://www.ee.nec.de/_pdf/U17575EE1V0PF00.PDF)
2. LIN Specification [www.LIN-subbus.org](http://www.LIN-subbus.org)
3. LIN Application Note [www.ee.nec.de/LIN](http://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](http://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](http://introduction_to_lin.pdf).
6. <http://www.computer-solutions.co.uk/gendev/can-lite.htm>