

бизнес решения

# «УМНАЯ» ДВЕРЬ НЕ ДОПУСТИТ ТРАВМЫ

## Готовые решения STMicroelectronics для электроприводов дверей автомобиля

Анатолий Юдин

к. т. н., технический специалист Объединенного технико-консультационного центра по микроэлектронике info@otkcm.ru.

Системные решения по управлению устройствами в салоне автомобиля, разработанные STMicroelectronics, многие специалисты признают наиболее функциональными и рентабельными из используемых в промышленности. В статье мы рассмотрим готовые модули, которые предназначены для управления электроприводами, встроенными в автомобильные двери.

Компания STMicroelectronics — один из ведущих мировых производителей компонентов для рынка автомобильной электроники. Специализированный дивизион компании разработал множество продуктов, которые повышают эффективность работы автомобиля, его безопасность и комфорт. Технология STMicroelectronics «система на чипе»

обеспечивает проектирование современных автомобильных приложений с высокой интеграцией микроэлектроники.

Для управления электроприводами дверей автомобиля STMicroelectronics разработала целый ряд драйверов, которые характеризуются единой концепцией действия, совместимостью по корпусам и программному обеспечению. Они позволяют выбирать различные варианты оснащения двери современного автомобиля. Драйверы обеспечивают все основные силовые нагрузки, необходимые в этой зоне — такие как электроприводы замка, складывание и позиционирование бокового зеркала, обогрев стекол, а также несколько функций освещения с использованием как светодиодов, так и ламп накаливания.

Основные параметры драйверов электроприводов двери приведены в таблице 1.

Новейшая серия микросхем L995x с расширенными возможностями пришла на смену серии L994x. Драйвер L9950 является в этой линейке продуктом наиболее технически сложным устройством. Ниже перечислены его основные возможности:

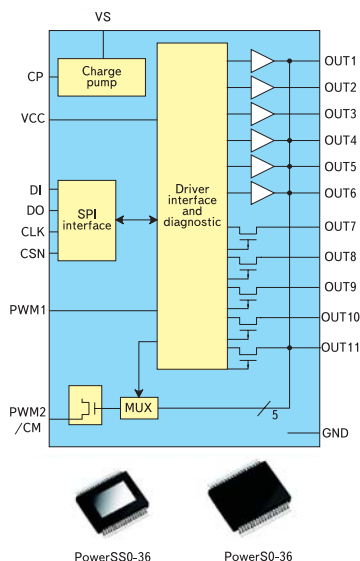
- Один полный мост для нагрузки с током 6 А ( $R_{DS(on)} = 150 \text{ мОм}$ ).
- Два полумоста для нагрузки с током 3 А ( $R_{DS(on)} = 300 \text{ мОм}$ ).
- Два полумоста для нагрузки с током 1,5 А ( $R_{DS(on)} = 800 \text{ мОм}$ ).
- Один драйвер верхнего уровня для нагрузки с током 6 А ( $R_{DS(on)} = 100 \text{ мОм}$ ).
- Четыре драйвера верхнего уровня для нагрузки с током 1,5 А ( $R_{DS(on)} = 800 \text{ мОм}$ ).
- Функция программируемого плавного старта для управления нагрузками с высоким пусковым током ( $I > 6 \text{ А}$ ,  $> 1,5 \text{ А}$ ).
- Очень малое потребление тока в дежурном режиме ( $I_s < 6 \text{ мкА}$ ,  $I_{CC} < 25 \text{ мкА}$ , тип.  $T_j \leq 85^\circ\text{C}$ ).
- Защита всех выходов от короткого замыкания.
- Мониторинг выходного тока для драйверов верхнего уровня OUT1, OUT4, OUT5, OUT6 и OUT11.
- Защита всех выходов от температурного перегрева.
- Диагностика открытой нагрузки для всех выходов.
- Диагностика перенапряжения для всех выходов.
- Отдельные полумосты для электропривода замка двери.
- Управление с ШИМ по всем выходам.

Таблица 1. Драйверы активаторов ST

Обозначение	PowersO-20	PowersO-36	PowersO-36	SPI	Обратная полярность питания	PWM1	PWM2	Мониторинг тока	Режим восстановления	Управление нагревом ( $R_{DS(on)}$ , $I_{lim}$ )	Управление лампой / светодиодом ( $R_{DS(on)}$ , $I_{lim}$ )	Управление замком ( $R_{DS(on)}$ , $I_{lim}$ )	Управление блокировкой ( $R_{DS(on)}$ , $I_{lim}$ )	Регулировка зеркала ( $R_{DS(on)}$ , $I_{lim}$ )	Складывание зеркала ( $R_{DS(on)}$ , $I_{lim}$ )
L9949 (серия L994x)	•									100 мОм 6,3 А		150 мОм 6 А		800 мОм 1,5 А	
L9950		•	•	•	•	•	•	•	•	100 мОм 600 АМ	4x 800 мОм 1,5 А	150 мОм 6 А	4x 800 мОм 1,5 А	800 мОм 1,6 А	300 мОм 3 А
L9951		•	•	•	•	•	•	•	•		2x 800 мОм 1,25 А	• 200 мОм 5 А	• 200 мОм 5 А		
L9953*		•	•	•	•	•	•	•	•	100 мОм 6 А	2x 500 мОм 1,5 А	• 150 мОм 6 А		800 мОм 1,6 А	
L9954**		•	•	•	•	•	•	•	•	100 мОм 6 А	2x 500 мОм 1,5 А			800 мОм 1,6 А	

\* Доступны образцы  
\*\* Разрабатываются





● **Рис. 1. Функциональная блок-схема драйвера L9950**

- Выход схемы подкачки питания для защиты от обратной полярности по питанию.
- Интерфейс SPI для связи с микроконтроллером.
- Выключение при недонапряжении и перенапряжении по питанию. Для расширения возможностей управления питанием и диагностики STMicroelectronics предлагает дополнительно использовать драйвер L9952, который обеспечивает системному решению очень низкий ток в рабочей точке (ток покоя). Этот чип — новейшая разработка компании, которая стоит несколько особняком от остальных драйверов

семейства. Основные возможности микросхемы L9952:

- Регулятор напряжения 5 В с малым напряжением сброса для питания микроконтроллера /250 мА.
- Регулятор напряжения 5 В с малым напряжением сброса для питания периферийных устройств /100 мА.
- Очень малый ток потребления в дежурном режиме:
  - 7 мкА в режиме ожидания V<sub>batt</sub>,
  - 45 мкА в режиме ожидания V<sub>1</sub>,
  - 75 мкА в режиме циклического перезапуска.
- Окно сторожевого таймера.
- Устойчивый к отказам выход.
- Логический перезапуск с периодическим мониторингом контакта.
- Физический уровень интерфейса LIN 2.0 и совместимость с SAEJ2602.
- 24-разрядный интерфейс SPI для режима управления и диагностики.
- 7 драйверных выходов:
  - 4 драйвера верхнего уровня для светодиодов или питания датчика Холла ( $R_{DS(on)} = 7 \text{ Ом}$ ),
  - 1 драйвер верхнего уровня ( $R_{DS(on)} = 1 \text{ Ом}$ ),
  - 2 драйвера нижнего уровня ( $R_{DS(on)} = 2 \text{ Ом}$ ).
- Защита всех выходов от короткого замыкания и температурного перегрева.
- Два операционных усилителя для устройств считывания малых токов.
- Оповещение о перегреве и тепловая защита.

- Выключение при недонапряжении и перенапряжении по питанию.

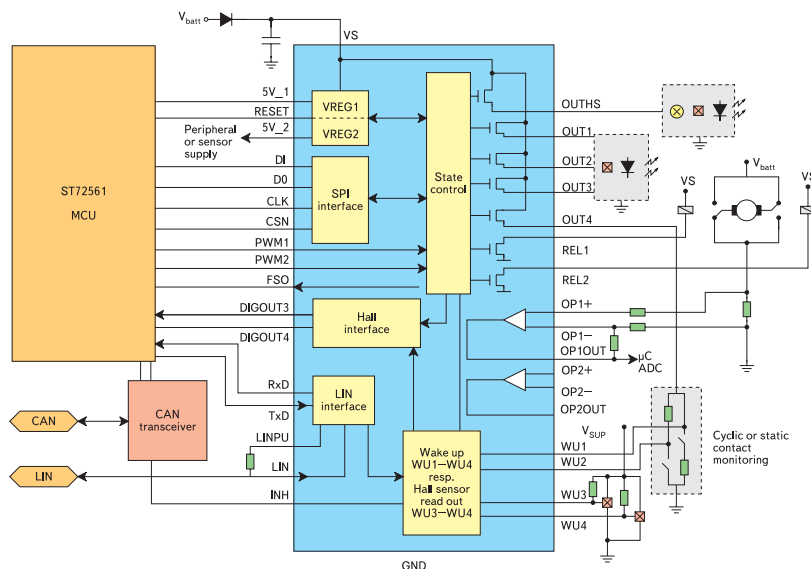
Типовая схема применения микросхемы L9952 приведена на рис. 2. Здесь устройства, встроенные в чип, управляют питанием всей системы двери, а также другими компонентами модуля, начиная от сервопривода оконного стекла до светодиодов, которые тоже управляются в режиме ШИМ. Кроме того, за счет контроля состояния контакта обеспечивается автозапуск, а связь входов датчика Холла с микроконтроллером осуществляется как через CAN, так и через LIN трансиверы.

**Набор драйверов ST** позволяет реализовать системные решения для автомобилей различного класса. Например, комбинация L9950 и L9952 предлагается в качестве современного решения модулей передних дверей для транспорта представительского уровня со значительным уровнем насыщения электроникой. Регулирование питания обеспечивает микросхема L9952, а управление множеством различных активаторов осуществляет драйвер L9950.

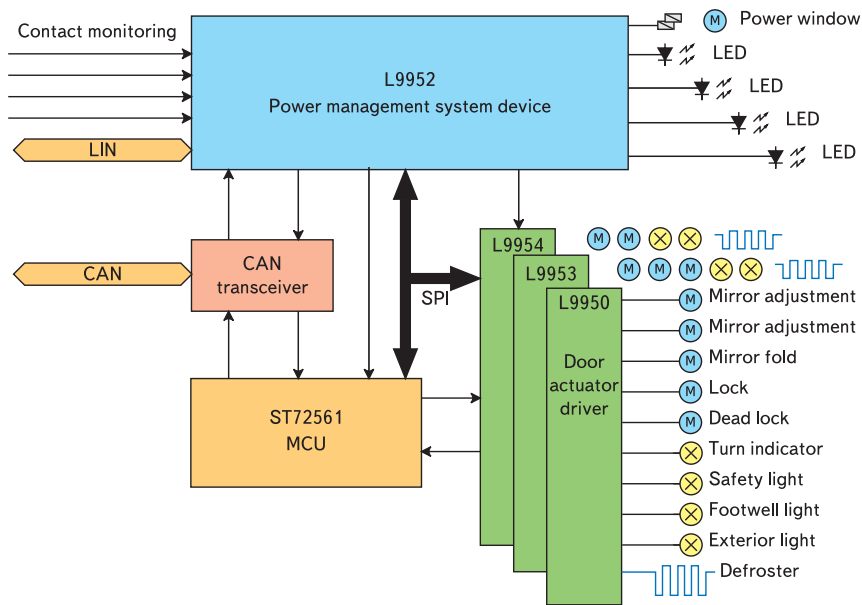
Для автомобилей среднего класса, в которых для замка двери используется один электродвигатель, вместо L9950 целесообразно применить L9953 — оптимизированный драйвер активаторов с меньшим количеством силовых выходов. Кроме этой особенности его топология подобна L9950.

В случае централизованного управления электродвигателем замка двери, когда модуль двери должен поддерживать только функции управления сервоприводом оконного стекла и бокового зеркала, компания ST рекомендует совместно с L9952 использовать драйвер L9954 — устройство, которое полностью удовлетворяет этим требованиям.

Для управления задней дверью можно использовать L9952 в комбинации с еще одним драйвером — L9951. Он содержит минимальное необходимое число выходных каскадов для управления только замком двери и лампами накаливания. Этот драйвер применительно к задним дверям можно использовать и отдельно.



● **Рис. 2. Типовая схема применения L9952**



● Рис. 3. Готовые решения ST для модуля двери автомобиля

Таким образом, с помощью микросхемы L9952 в сочетании с различными драйверами электроприводов получено семейство системных решений для модуля двери автомобиля, структурная схема которого показана на рис. 3. Драйверы активаторов L9950, L9953 и L9954 взаимозаменяемы, имеют общую компьютерную базу и совместимы по разводке выводов. Управление и диагностика устройств осуществляется через последовательный интерфейс периферийных устройств (SPI).

Изображенный на рисунке 3 микроконтроллер ST72561 из семейства 8-разрядных с флэш-памятью микроконтроллеров ST7 сертифицирован в полном автомобильном диапазоне температур и имеет множество возможностей. Он обладает встроенным современным интерфейсом связи типа LINSCI™, который больше разгружает ресурсы центрального процессора по сравнению с UART, и интерфейсом beCAN на основе ядра Bosch CAN. Исчерпывающий набор инструментальных средств развития проекта, включающий специальную среду окружения для LIN/CAN позволяет быстро и легко разрабатывать приложения для данной микросхемы.

Рассмотрим подробнее одно из решений, которое реализовано на основе

описанных компонентов. Это электронный модуль управления всеми функциями двери автомобиля, включая подъем окна, замок двери с блокировкой, перемещение бокового зеркала, световой индикатор указателя поворота на зеркале, обогреватель стекла и некоторые лампы.

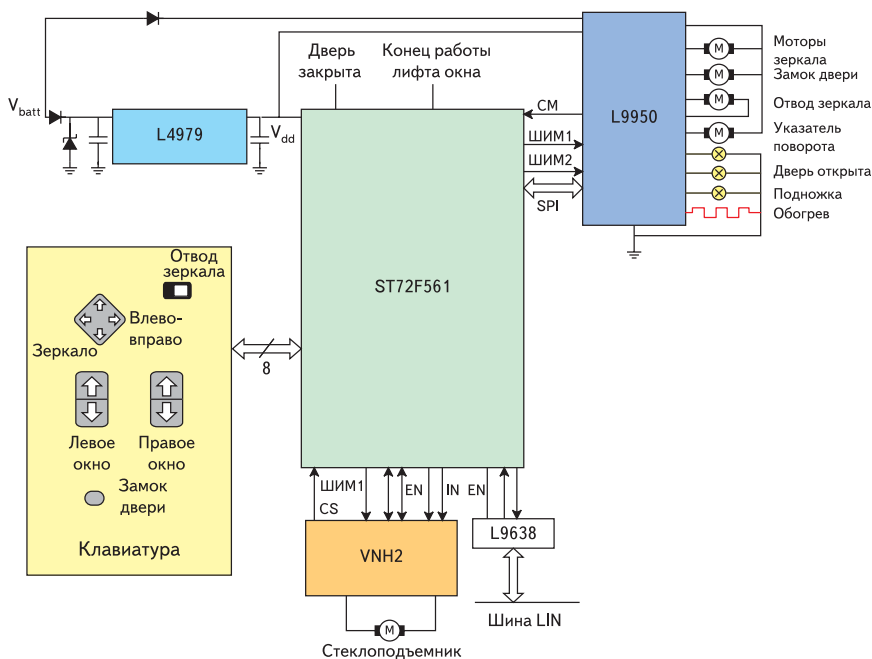
Чтобы снизить риск телесных повреждений, особенно для детей, этот модуль также включает способность обнаруживать прихватывание окна и приос-

танавливать механизм стеклоподъемника. То есть, если в процессе подъема стекла окна на его кромке оказывается часть тела человека, то процесс подъема отменяется. Для этой цели используется дешевый, но высокоэффективный алгоритм антизащемления ST, основанный на контроле тока драйвера стеклоподъемника.

Все управляемые нагрузки в рассматриваемом модуле соединены с панелью приборов и другими дверями автомобиля через шину LIN, а также с параллельным портом компьютера (для демонстрации). Блок-схема конфигурации решения показана на рисунке 4. Параметры электроприводов для рассматриваемого решения приведены в таблице 2.

На блок-схеме мы видим уже знакомый нам микроконтроллер ST72F561. Микросхема L4979 является регулятором напряжения с высокоточным выходным напряжением и программируемым сторожевым таймером с внешним конденсатором. Стороживой таймер обеспечивает автовосстановление микроконтроллера при сбоях и выходе из-под контроля программного обеспечения.

Микросхема L9638 исполняет функции интерфейса шины LIN между схемой реализации протокола в микроконтроллере и физической вход-



● Рис. 4. блок-схема модуля управления устройствами двери

Таблица 2. Активаторы модуля двери

Активаторы		Рном.	Рабочее напряжение	Скорость (тип.)	Ток в нагрузке (тип.)	Пусковой ток
Лифт окна	1 DC мотор		12 В	> 78 об./мин.	< 2.5А	< 20А
Замок двери	1 DC мотор					
Управление позицией зеркала	2 DC мотора				< 2А	< 10А
Складывание зеркала	1 DC мотор					
Стеклообогреватель	1 резистивная нагрузка, соединенная с массой	100Вт				
Электрические лампочки	4 резистивные нагрузки, соединенные с массой	5Вт				

ной шиной автомобиля. Она имеет режим Sleep, в котором приемопередатчику обеспечен очень низкий ток потребления. Кроме того, микросхема имеет функции запуска приемопередатчика через шину LIN, допуска или перезапуска входа.

Новый силовой мостовой драйвер стеклоподъемника VNH2SP30 обеспечивает мягкое управление электродвигателем ШИМ сигналом с частотой 20 кГц. Выход считывания тока (CS) используется для мониторинга вращающего момента механизма. Для обеспечения функции антизащемления считываемые при работе электродвигателя стеклоподъемника отсчеты тока подаются на входы аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера.

И, наконец, драйвер активатора L9950 регулирует положение зеркала, а также систему блокировки, работу замка и дверного засова, открываемого ключом. Пять встроенных драйверов верхнего уровня обеспечивают управление различными лампами (или светодиодами) и обогревателем стекла. Сложные диагностические алгоритмы осуществляют проверку цифрового и аналогового состояния нагрузки по мониторингу тока, который считывается от электродвигателей бокового зеркала, замка и обогревателя.

**Алгоритмы функционирования электронного модуля двери**

следующие. После включения или сброса микроконтроллер инициализирует все используемые внешние устройства (входы/выходы, таймеры, АЦП и LIN-SCI) и переменные, выдает на L9950 сигнал для включения левого бокового зеркала и посылает LIN сообщение сделать то же самое для зеркала правого крыла. Затем начинается бесконечный цикл этого состояния, которое может быть остановлено только путем сброса или выключения платы.

После этого микроконтроллер начинает опрос выводов переключателя стеклоподъемника и клавиатуры. Управление стеклоподъемником можно осуществлять с использованием как коммутационной панели на экране компьютера, так и переключателей на плате. Выводы кнопок «Вверх»/«Вниз» скомпонованы в режиме повышенного входа, то есть в нормальном состоянии на них высокое значение напряжения (5 В). При нажатии кнопки «Вверх» или «Вниз» возможны два различных режима работы стеклоподъемника в зависимости от продолжительности нажатия. При кратковременном нажатии (менее 100 мс) стекло поднимается или опускается

(в зависимости от нажатой кнопки) до достижения верхнего или нижнего состояния окна. Если время нажатия превышает 100 мс, то подъем или опускание стекла после снятия пальца с кнопки останавливается. То же самое происходит при использовании коммутационной панели программного обеспечения компьютера.

Контакт микропереключателя «Верх окна» также скомпонован в режиме повышенного входа. Он связан с механическим выключателем, который выступает как индикатор достижения верхнего предела положения стеклоподъемника.

Нажатие кнопки «Вверх» или «Вниз» стеклоподъемника (на плате или на коммутационной панели компьютера) вызывает подпрограмму:

- выходы InA и InB VNH2 устанавливаются или сбрасываются в зависимости от нажатой кнопки для подъема или опускания окна;

- 16-разрядный таймер используется для обеспечения VNH2 сигналом ШИМ с частотой 20 кГц и коэффициентом заполнения (рабочим циклом) 30%;

- в течение 1мс АЦП ST7 обрабатывает напряжение считывания тока; собранные данные усредняются на периоде в 10 мс для устранения шума. Вычисляется мощность электродвигателя путем умножения считанного тока на номинальную угловую скорость. Полученное значение усредняется на промежутке 100 мс, обеспечивая задержку сигнала по сравнению с оригиналом. Для определения наличия защемления АЦП вычисляет разность между мощностью и ее средним значением, которая сравнивается с пороговым значением. Пороговое значение зависит от состояния двигателя (плавное включение или условия установившегося состояния).

Если кнопка «Вниз» не нажата и защемления нет, то коэффициент заполнения линейно увеличивается пока не достигнет 100%, и ШИМ становится константой (стадия установившегося состояния, см. рис. 5). В этой точке система ждет наступления события: нажатия кнопки или прищемления. При нажатии кнопки двигатель останавливает-

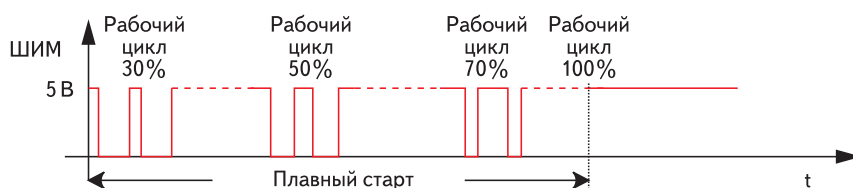


Рис. 5. ШИМ сигнал для VNH2

ся: ШИМ VNH2 сбрасывается, входы InA и InB устанавливаются для торможения к Vbatt двигателя, и стекло прекращает движение.

В случае прищемления сначала проверяется состояние кнопки микропереключателя «Верх окна». Если этот выключатель закрыт (достигнут верхний предел перемещения), то стекло запирается двигателем за 800 мс. Если же стекло движется вверх, то механизм перенаправляет его вниз в течение 800 мс для того, чтобы выпустить зажимаемый объект. Если стекло движется вниз, то двигатель немедленно останавливается. Более подробная информация о функции антизащемления имеется в документации ST [3].

При активации электродвигателя отвода зеркала механизм управляется в течение 4 секунд, если батарея заряжена полностью, и в течение 6 секунд в других случаях. Так как выход OUT1 является общим для всех двигателей зеркала, то одновременное управление двумя и более двигателями невозможно. Указатель поворота и обогреватель управляются с использованием ШИМ1 и ШИМ2 соответственно.

При обнаружении состояния аварии (открытая нагрузка, короткое замыкание или отключение из-за теплового перегрева) диагностический узел VNH2 по шине LIN посылает сообщение компьютеру. Состояние открытой нагрузки обнаруживает мониторинг значения напряжения считываемого тока, а состояние ко-

роткого замыкания и отключения вследствие перегрева определяется с помощью вывода DIAGx VNH2. Расширенную информацию об алгоритмах реализации вышеперечисленных и других функций электронного модуля двери можно почерпнуть в документации STMicroelectronics [4].

#### Литература:

1. L9950 — Door actuator driver. Datasheet. STMicroelectronics, 2004.
2. L9952XP — Advanced datasheet version 1.04. STMicroelectronics, 2006.
3. AN2095 — VNH2SP30 for window lift with antipinch routine. STMicroelectronics, 2005.
4. AN2334 — Complete car door module. STMicroelectronics, 2006. ■

## НОВАЯ СЕРИЯ 8-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STMICROELECTRONICS СЕРТИФИЦИРОВАНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

В декабре 2006 г. STMicroelectronics анонсировала выпуск серии микроконтроллеров ST7FMC. Эти чипы удовлетворяют всем специфическим требованиям рынка автомобильной электроники. Построенные на основе 8-разрядного ядра промышленного стандарта, микроконтроллеры предназначены для управления бесщеточными двигателями постоянного тока (BLDC) и хорошо подходят для использования в различных электроприводах автомобиля. Например — для регулирования работы топливного и водяных насосов, охлаждающих вентиляторов и внутренних воздуходувок. По сравнению с альтернативным микропроцессором или цифровым сигнальным процессором (DCP) серия ST7FMC обладает более высокой системной интеграцией. Это позволяет минимизировать потребность в навесных компонентах и уменьшить площадь печатной платы. Что, в свою очередь, снижает стоимость приложения в целом.

Все устройства серии имеют встроенную секцию управления двигателем, которая включает возможность контроля с шестифазной широтно-импульсной модуляцией (PWM). Секция также содержит высокогибкий детектор противодвижущей электросилы (BEMF) для управления BLDC двигателями с постоянными магнитами без использования дополнительных датчиков. Микросхемы ST7FMC, разработанные специально для использования в электроприводах, работают в полном автомобильном диапазоне температур от -40 до +125 °C. Они включают функции защиты, такие как считывание тока (используемое для обнаружения замедления), асинхронную аварийную остановку, регистры однократной записи



и систему защиты генератора (CSS). Кроме того, запатентованные ST алгоритмы обеспечивают уникальные возможности по запуску двигателя без сбоев и ошибок.

Высокая интеграция серии позволяет уменьшить размер программного кода, в то время как дополнительная секция управления двигателем минимизирует загрузку центрального процессора. Кроме того, в чипах имеется встроенный локальный коммутационный связной интерфейс (LIN) и комплект стандартных встроенных периферийных устройств для управления внешними устройствами приложения (такими как клавиатура, дисплей и т. д.).

Все микросхемы серии поддерживает набор современных инструментальных средств. Разработанные специально для автоэлектроники комплекты оценки и развития позволяют пользователям проверять эффективность микросхем в их собственных приложениях. В распоряжении инженеров полный комплект программного обеспечения и библиотека исходных кодов на Си. Микросхемы размещены в малоразмерных корпусах TQFP32 и TQFP44.

Полномасштабные поставки микроконтроллеров серии ST7FMC осуществляет официальный дистрибьютор STMicroelectronics компания «ПетроИнТрейд» [www.petrointrade.ru](http://www.petrointrade.ru).

Дополнительная информация обо всех микроконтроллерах STMicro-electronics доступна на сайте компании [www.st.com/mcu](http://www.st.com/mcu) и в Объединенном техноконсультационном центре по микроэлектронике [info@otkcm.ru](mailto:info@otkcm.ru).