



Эргономичность автомобиля обеспечат силовые ключи ST

Станислав Косенко, заслуженный рационализатор РФ

Юрий Емельянов, директор по маркетингу «ПетроИнТрейд», руководитель направления активных компонентов
st@petrointrade.com

Современный автомобиль, в отличие от производившихся еще десятилетие назад, характеризуется предельной насыщенностью силовыми ключами, не оставляющими водителю ни малейших шансов каким-то образом прилагать свои физические усилия. Если раньше приходилось двигать различные рычаги, заслонки, переключатели, сейчас все управленческие операции в высокоэргономичной системе «человек-машина» выполняет электроника. Кнопка/ анализ электрического сигнала предпринятого действия/ схема управления/ силовой ключ/ исполнительный механизм (реле, мотор, задвижка) — вот и весь незамысловатый алгоритм деятельности человека за рулем автомобиля.

Казалось бы, все достаточно просто и эргономично. Но учитываете ли вы труднейшие условия функционирования электронных компонентов? Повышенная влажность, большой разброс температур окружающего воздуха, индуктивный характер нагрузки силовых ключей, приводящий к выбросам напряжения, в несколько раз превышающим напряжение питания, возможность обрывов и замыканий в нагрузке — все эти факторы обуславливают необходимость присутствия в силовых ключах свойств, которые иллюстрирует рис. 1. Конечно, так называемый «интеллект» этих микросхем весьма ограничен, но его вполне достаточно для распознавания текущего состояния коммутируемой нагрузки и гибко-

го реагирования на изменение внешних условий.

В автомобиле все многообразие силовых ключей условно можно разделить на несколько групп, как это показано на рис. 2. Приведем общую характеристику ключей по группам.

Интеллектуальные ключи верхнего плеча

К этой категории относятся продукты L9380, L9820, L9856..., VN02H, VN03, VN05N и др. Типовая структурная схема интеллектуального ключа представлена на рис. 3. Фактически это силовой прибор, объединяющий в себе несколько функциональных узлов. Нагрузка индуктивно-резистивного характера (мотор, реле) подключается

к напряжению питания 9...36 В с помощью коммутатора (размыкателя), управляемого цифровым сигналом через входной каскад с помощью отдельного защищенного драйвера. Функции защиты весьма разнообразны: тепловая защита; защита от короткого замыкания в нагрузке; защита от обрыва питающего напряжения и обрыва общего провода питания. По шине обмена данными микросхема способна формировать цифровой сигнал, несущий информацию о техническом состоянии и параметрах ключа, полученных с помощью узла логики и диагностики. В частности, ключ как в замкнутом, так и разомкнутом состоянии способен распознавать обрыв в нагрузке. Один из примеров трехканального интеллектуального ключа верхнего плеча — микросхема L9380, способная управлять внешним полевым транзистором в каждом канале с номинальным током нагрузки 40 А, что характерно для большинства мощных двигателей постоянного тока в автомобиле. При этом узел диагностики контролирует исправное состояние внешнего коммутирующего транзистора,

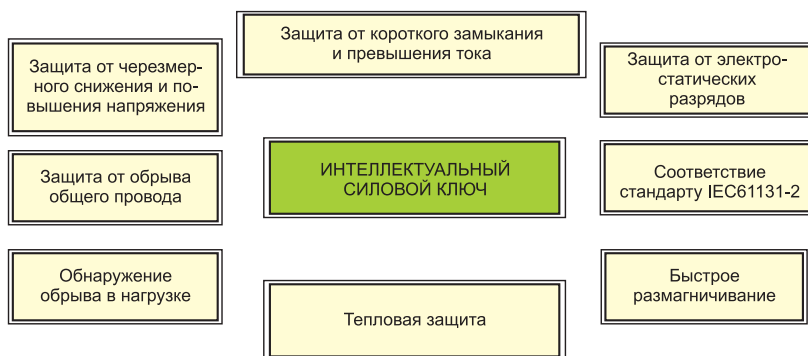
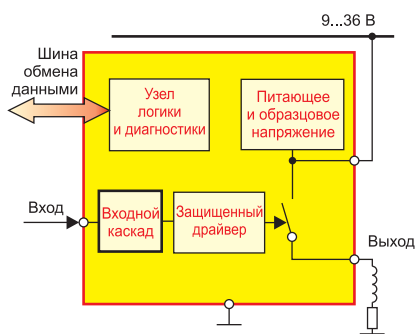


Рис. 1. Необходимые свойства силовых ключей



Рис. 2. Многообразие силовых ключей в автомобиле



● Рис. 3. Типовая структурная схема интеллектуального ключа

а специальный времязадающий конденсатор обеспечивает регулируемую задержку между обнаружением перегрузки в коммутируемом канале и моментом отключения силового транзистора, что позволяет обеспечить требуемый вращательный момент на валу двигателя в пусковом режиме без защитного отключения силового ключа.

Интеллектуальные ключи нижнего плеча

В широкий спектр интеллектуальных ключей нижнего плеча STMicroelectronics входят такие устройства, как L9332, L9333, L9337, L9338..., VNB10N07, VNB14N04, VNB20N07 и др. В отличие от представленных на рис. 3, такие приборы подключают к нагрузке не плюсовой вывод напряжения питания, а минусовой. Другими словами, нагрузка постоянно находится под напряжением, но чтобы в ней протекал ток, ключ «заземляет» ее через себя.

Продукция ST способна удовлетворить самые разнообразные запросы промышленности при конструировании различных по назначению электронных узлов автомобиля. Например, в одном корпусе микросхемы L9332 объединены четыре интеллектуальных ключа с максимальным током нагрузки до 3 А в каждом. При этом все они обладают перечисленными выше для ключей верхнего плеча защитными функциями.

Не менее интересным представляется другой прибор из класса ключей нижнего плеча — VNB10N07, названный разработчиками OMNIFET. Оформленный в стандартном 3-выводном корпусе TO263, SOT82-FM либо ISOWATT220, оснащенный всеми необходимыми защитными функциями, внешне он ни-

чем не отличается от обычных полевых транзисторов и полностью совместим по выводам (pin-to-pin). При одинаковом допустимом коммутируемом напряжении 70 В и токе 10 А обычный транзистор в предельно жестких температурных и влажностных условиях вряд ли проработает долго с реактивной нагрузкой при наличии индуктивных выбросов напряжения, зато OMNIFET гарантированно способен обеспечить длительную безотказную работу.

Конфигурируемые коммутаторы

ST предлагает множество универсальных монолитных оконечных драйверов (L9733, L9848, L99MC6 и др.), которые могут применяться в качестве драйвера как верхнего плеча, так и нижнего, а также в произвольной их комбинации. Одна микросхема объединяет 8 независимых драйверов, три из которых способны обеспечить широтно-импульсную модуляцию тока в коммутируемой нагрузке. Температурный рабочий интервал, как и у всех перечисленных ранее приборов, составляет $-40...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Драйверы управляются последовательным цифровым кодом от микроконтроллера и обеспечивают тепловую защиту кристалла, а также ограничение тока на уровне 3 А при перегрузке.

Интерфейсы данных

Производимые фирмой ST микросхемы двунаправленного интерфейса данных (L9613, L9615, L9616, L9637 и др.) совместимы со стандартным CAN-контроллером (Controller Area Network), принятым в автомобильной промышленности для организации единой сети различных исполнительных устройств и датчиков. Топология сети — шинная, с последовательным пакетом данных, содержащим поле идентификатора приемника (передатчика) и поле данных, соответствует требованиям стандарта ISO 9141 со скоростью передачи данных 0,13...1 МБод. В режиме ожидания микросхемы характеризует сверхнизкий (до 1 мкА) потребляемый ток. Амплитудное значение передаваемых в сети импульсов тока микросхемы автоматически ограничивают до уровня 60 мА. В устройствах встроена также те-

пловая защита. Помимо приемопередатчика, микросхемы содержат компаратор, а также нагрузочные (балластные) резисторы по входам и выходам приемопередатчика и компаратора. Однако для обеспечения требуемой защищенности от электростатических разрядов ко входам требуется подключение внешних помехоподавляющих конденсаторов, способных нейтрализовать импульс энергией до 0,2 мДж. (Подробнее по этой теме читайте статью «Строим CAN в автомобиле с помощью микросхем STMicroelectronics» Андрея Самоделова. — Прим. ред.)

Регуляторы напряжения

ST предлагает широкий выбор регуляторов (L4925, L4938ED, L5150BN, L5300GJ и др.) с выходным напряжением 5 В, предназначенных для применения в автомобильной промышленности. Они характеризуются нагрузочной способностью до 0,5 А, низким прямым падением напряжения (0,4...0,5 В) и потребляемым током в сотни мкА в выключенном состоянии. Чипы обладают также и некоторыми дополнительными функциями — формированием сигнала «сброс» для микроконтроллеров и других цифровых устройств с программируемым временем задержки при включении напряжения питания, контролем потребляемого тока, тепловой защитой и защитой от короткого замыкания в нагрузке. Например, в микросхеме L4925 в корпусе PowerSO-20 внутренняя защита срабатывает при токе 1 А.

Еще один пример тщательного инженерного проектирования микросхем для автомобильной промышленности — регулятор напряжения L5150BN, изготовленный в миниатюрном корпусе SOT-223, с номинальным выходным током 0,15 А. Допустимое входное напряжение, как и для большинства остальных образцов, составляет 40 В. Данный образец характеризуется сверхнизкой погрешностью выходного напряжения — всего $\pm 2\%$. Что интересно, столь высокая стабилизация слабо зависит от нагрузки, в том числе импульсной. При увеличении потребляемого тока скачком от 8 до 150 мА снижение выходного напряжения составит не более 20 мВ. Температурный интервал работоспособности прибора — стандарт-

ный для автомобильного применения $-40...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тепловая защита срабатывает при температуре $160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Защита по току от перегрузки срабатывает при $0,45\text{ A}$, а в режиме короткого замыкания — при $1,1\text{ A}$. В дежурном режиме ток покоя микросхемы не превышает $50\text{ }\mu\text{A}$.

Драйверы двигателей постоянного тока

К такого типа продуктам ST относят микросхемы L9903, L9904, VN770K, VN771K, VNH2SP30-E и др. Полнофункциональный драйвер управления двигателем постоянного тока по мостовой схеме с помощью микроконтроллера представляет собой микросхема L9903, изготовленная в корпусе SO-20. Рабочий интервал питающего ее напряжения составляет $8...20\text{ V}$, хотя в экстремальных ситуациях устройство сохраняет работоспособность при увеличении напряжения до 40 V . Ток покоя в ждущем режиме не превышает $50\text{ }\mu\text{A}$. В микросхему встроены стандартные для автомобильного применения элементы

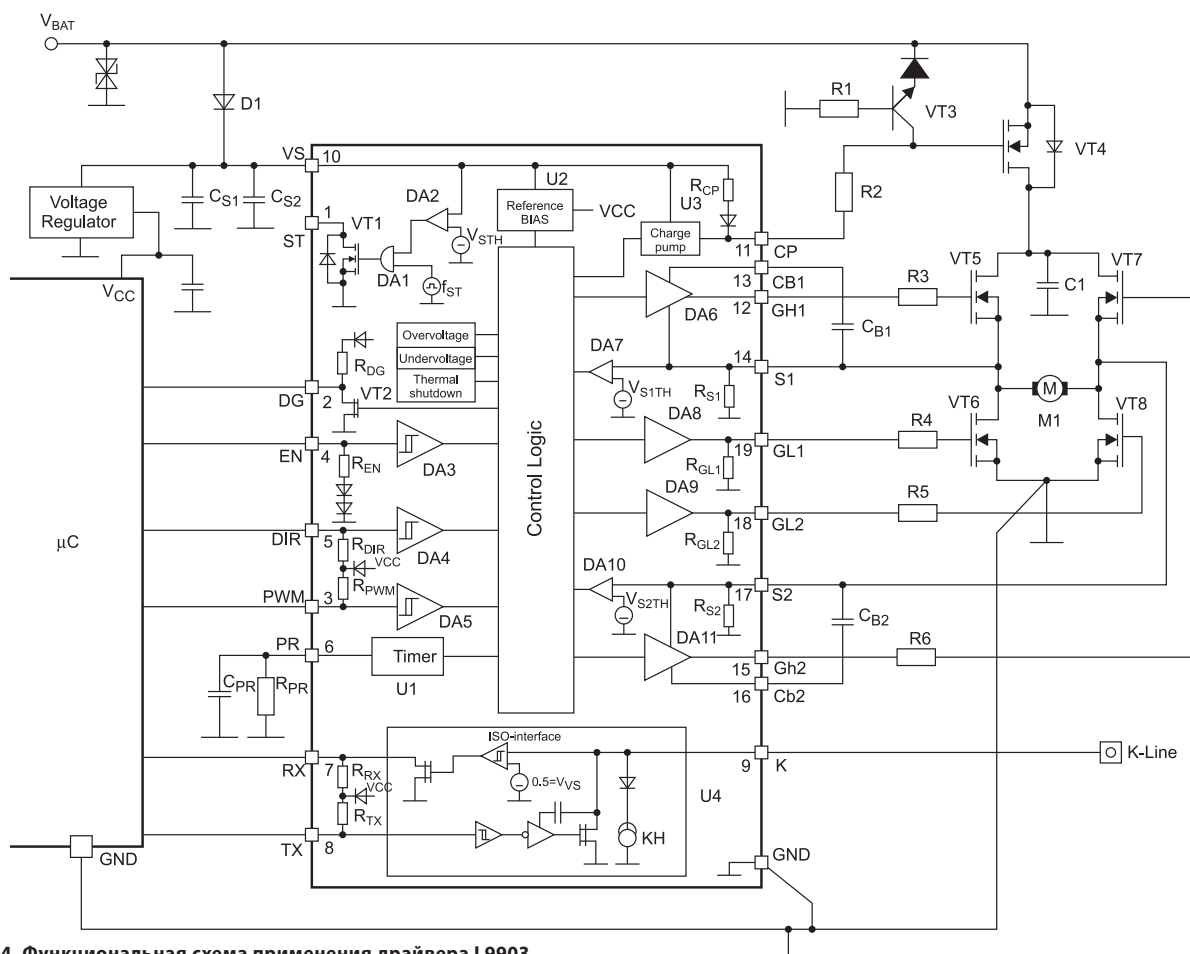
тепловой защиты, контроля питающего напряжения и отключения при его выходе за границы допустимого интервала, защиты от короткого замыкания. Микросхема оборудована также системой диагностирования технического состояния схемы управления двигателем в реальном масштабе времени и приемопередатчиком цифровых данных по стандарту ISO9141. Рассмотрим функциональную схему применения драйвера L9903 (рис. 4).

Напряжение питания микросхемы подают через развязывающий диод D1 и фильтрующие конденсаторы C_{S1} , C_{S2} на вывод 10 (VS). Это же напряжение через стабилизатор напряжения Voltage Regulator поступает в цепь питания V_{CC} микроконтроллера μC . Если в бортовой сети автомобиля используют аккумулятор напряжением 6 V , для повышения его до требуемого уровня в микросхему встроены узел импульсного преобразователя VT1, DA1, DA2. В этом случае напряжение батареи на вывод 10 подают через накопительный дроссель (на рисунке не показан),

соединенный через коммутирующий диод с выводом 1 (ST).

Микросхема активируется сигналом лог. 1 по входу 4 (EN) через компаратор DA3. Если на данном входе устанавливается лог. 0, прибор переходит в дежурный режим. При переходе из дежурного режима в активное состояние разработчики рекомендуют программными средствами в микроконтроллере обеспечить паузу $50\text{ }\mu\text{s}$ до подачи других управляющих сигналов для завершения переходных процессов в микросхеме.

По истечении паузы микроконтроллер формирует управляющие сигналы, приводящие двигатель M1 во вращение. Направление вращения задают сигналом DIR по входу 5 микросхемы, который через компаратор DA4 поступает на логическое управляющее устройство Control Logic. Скорость вращения и усилие на валу двигателя задает частота повторения и коэффициент заполнения импульсов в широтно-модулированном сигнале PWM по входу 3. Амплитуду данного сигнала нормализует компаратор DA5.



● Рис. 4. Функциональная схема применения драйвера L9903

Сигналы управления обрабатываются в логическом управляющем устройстве Control Logic, затем усиливаются в операционных усилителях DA6–DA10 и через токоограничивающие резисторы R3–R6 подаются на затворы полевых коммутирующих транзисторов VT5–VT8, образующих полномостовую схему, в диагональ которой включен двигатель M1.

Выходное напряжение в диагонали мостовой схемы контролируется по входу 14 микросхемы (S1) и 17 (S2) компараторы DA7, DA10, что позволяет обнаружить пробой транзисторов и необратимое замыкание одной из точек диагонали с общим или плюсовым проводом питания. Активирование транзисторов VT5, VT7 (VT6, VT8) будет отключено, если в течение времени $t_{кз}$ обнаружения короткого замыкания контролируемое напряжение на входе превысит либо будет занижено по сравнению с пороговыми значениями напряжения V_{S1TH} , V_{S2TH} срабатывания компараторов.

В этом случае логическое управляющее устройство открывает транзистор VT2 в узле диагностирования, и установившийся на выводе 2 (DG) лог. 0 сигнализирует микроконтроллеру о возникновении неисправности в приборе. Сигнал неисправности появляется также при срабатывании тепловой защиты, чрезмерном

снижении (повышении) питающего напряжения, обрывах в линиях подачи управляющих сигналов от микроконтроллера. Поскольку данные линии нагружены балластными резисторами R_{EN} , R_{DIR} , R_{PWM} в случае обрыва на входах микросхемы устанавливается неизменное напряжение лог. 1, являющееся признаком неисправности данного характера.

Для гарантированного включения полевых транзисторов VT5–VT8 напряжение на затворе по отношению к истоку должно быть не менее 5 В для транзисторов с управлением логическим сигналом и 10 В — для стандартных транзисторов. Поэтому для управления транзисторами VT5, VT7 требуется напряжение существенно выше питающего. Это достигнуто применением узла U3 («зарядового насоса» Charge pump) в сочетании с бутстрепным конденсатором C_{B1} . Бутстрепный конденсатор заряжается на интервале, когда транзистор VT5 выключен, а VT6 — включен. После того как транзистор VT6 закроется, напряжение зарядившегося конденсатора используется для питания драйвера DA6 и, соответственно, управления затвором транзистора VT5. Аналогично бутстрепный конденсатор CB2 обеспечивает питание драйвера DA11 и управление затвором транзистора VT7.

Во избежание сквозного тока в транзисторах мостовой схемы включение (выключение) транзисторов верхнего (нижнего) плеча после выключения (включения) транзисторов нижнего (верхнего) плеча необходимо производить с некоторой задержкой, задаваемой таймером U1. Время задержки программируется с помощью внешней резистивно-емкостной цепи $C_{PR}R_{PR}$ подключенной к выводу 6 (PR) микросхемы.

Защита батареи от воздействия со стороны мостовой схемы обратным напряжением реализована с помощью транзисторов VT3, VT4, подключенных к «зарядовому насосу» через вывод 11 (CP). Микросхема включает в себя также интерфейс U4, выполненный по стандарту ISO 9141 для обмена цифровыми данными между микроконтроллером, подключенным к выводам 7 (RX), 8 (TX), и последовательной шиной, подключенной к выводу 9 (K), со скоростью до 60 кБ/с. Данная статья содержит лишь краткие сведения о продукции компании STMicroelectronics для автомобильной промышленности. Получить более подробную информацию, а также заказать образцы можно у руководителя направления активных компонентов компании «ПетроИнТрейд» Юрия Емельянова: st@petrointrade.ru. ■

НОВАЯ СЕРИЯ СВЕРХТОЧНЫХ ТОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ РЕЗИСТОРОВ VISHAY

Компания Vishay запустила в производство новую серию сверхточных токочувствительных резисторов VCS232Z, изготовленных по технологии Z-Foil. Изделия имеют ТКС в пределах $\pm 0,05 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, погрешность исполнения номинала не более $\pm 0,02\%$, устойчивость к воздействию электростатического заряда величиной 25 кВ, рассеиваемую мощность 2 Вт.

Технические характеристики:

- Величина ТКС — $\pm 0,05 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ (0...60 °C), $\pm 0,2 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ (-55...+125 °C).
- Уход номинала под воздействием мощности — $4 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$.
- Рассеиваемая мощность — 2 Вт.
- Уход номинала под воздействием нагрузки в течение 2000 часов — не более 0,005%.
- Максимальный рабочий ток — 3 А.
- Диапазон доступных номиналов — 0,25...500 Ом.
- Доступность нестандартных номиналов (100, 257 Ом) без дополнительной наценки.

- Устойчивость к электростатическому разряду величиной до 25 кВ.
- Уход номинала после кратковременной перегрузки — не более 0,005%.
- Безындуктивный и безъёмкостной конструктив.
- Бездребезговый отклик на изменение сигнала в течение 1 нс.
- Стабилизация номинала после шоковой температурной нагрузки в течение 1 с.
- Уровень токовых шумов — менее -40 дБ.
- Уровень наводимой термо-ЭДС — 0,05 мкВ/°C.
- Уход номинала под воздействием напряжения — менее 0,01 ppm/V.
- Уровень паразитной индуктивности — 0,08 мкГн.
- Отсутствие температурных градиентов.

Области применения: автоматическое испытательное оборудование, прецизионный инструментарий, электроннолучевое оборудование, медицинские приборы, токочувствительные схемы, импульсные устройства, военная техника, мощные усилители, источники питания.

www.ecomal.ru