

Микросхема LTC4366: надежная защита от скачков напряжения до 500 В

Вячеслав ГУЛЬВАНСКИЙ
slava-a-a@mail.ru
Дмитрий КАПЛУН, к. т. н.
dikaplun@etu.ru
Юрий СЕРДИТОВ
ura-nikolaevich@yandex.ru
Павел БАШМАКОВ
active@ptelectronics.ru

В транспортных средствах электроника сталкивается с уникальными проблемами, основной из которых является работа при кратковременных всплесках электроэнергии. Без должной схемы защиты скачки напряжения способны моментально вывести аппаратуру из строя. Из-за сложностей с неустойчивым питанием в этой области были разработаны стандарты, устанавливающие регламенты для электрических систем, действующих от источников питания 12 В и 28 В в различных транспортных средствах. Проектирование систем, устойчивых к скачкам напряжения и связанным с ними переходными процессами, обычно требует больших и дорогих пассивных компонентов. Подавляющая скачки напряжения линейка продуктов от компании Linear Technology не только предназначена для защиты систем от подобных скачков, но и способна сократить стоимость и размер решения.

Традиционные способы, позволяющие устранить скачки напряжения, — это подавления с помощью индуктивных, конденсаторов, разрядников и предохранителей. Компания Linear Technology создала микросхему LTC4366, защищающую электронные системы от скачков напряжения свыше 500 В интеллектуальным регулированием через транзистор с диапазоном рабочих температур $-40...+150$ °С. Главной особенностью данной схемы является «плавающая» топология, способная работать с высокими напряжениями независимо от максимально допустимых напряжений внутренних цепей микросхемы. Два внутренних параллельных стабилизатора соединены с внешними резисторами, образуя цепь питания микросхемы. Максимальное напряжение скачков ограничивается параметрами внешних резисторов и транзистора. Микросхема LTC4366 — первый продукт подобного класса, способный, к примеру, предохранить 12-В цепь от скачков напряжения до 500 В без использования дополнительных защитных компонентов.

«Плавающая» топология позволяет LTC4366 функционировать в широком диапазоне входных напряжений 9–500 В. Хорошо регулируемый выход обеспечивает гибкость контроля уровня выходного напряжения, не влияя на работу системы. Суммарное потребление во включенном состоянии не превышает 20 мкА. Применение этой микросхемы снижает затраты при производстве низковольтного оборудования, поскольку исчезает потребность в высоковольтных компонентах. Микросхемы изготавливаются в 8-выводных корпусах TSOT-23 и DFN (размер 3×2 мм).

Существующие разновидности

Выпускаются две версии LTC4366, отличающиеся друг от друга реакцией на неисправности. После того как неисправность устранена, LTC4366-1 выключается, в то время как LTC4366-2 автоматически повторяет попытку включения. LTC4366-1 и транзистор остаются выключенными до того момента, пока контакт SD не будет переведен в низкий уровень (LOW), а затем в высокий (HIGH). Данной операцией стирается ошибка, а затем LTC4366-1 включает транзистор. LTC4366-2 ожидает 9 с, потом автоматически стирает все ошибки и перезапускается.

Существует возможность изменения времени выключения питания из-за скачка напряжения. Настраиваемый таймер неисправности ограничивает рассеивание мощности на внешнем транзисторе. Во время «ошибки» по питанию на контакт TIMER подается ток, заряжающий конденсатор (C_T). Это позволяет работать транзистору в нижних зонах SOA-диаграмм. Путем регулирования скорости нарастания выходного напряжения на контакте GATE пусковое ограничение исключает выбросы тока, проходящие через транзистор на выход.

В выключенном режиме LTC4366 отключает внешний транзистор, соединяя контакты GATE и OUT вместе с коммутацией на транзистор, что позволяет уменьшить потребление тока до значения, не превышающего 20 мкА. В автомобильной промышленности низкий ток отключения минимизирует разряд аккумулятора при стоянке в течение долгого времени, а в портативной электронике позволяет дополнительно сохранить заряд батареи.

Режимы работы

Плата LTC4366 имеет три режима работы: старт, рабочий и регулирование. В рабочем режиме и режиме регулирования микросхема получает большую часть своей мощности с выхода платы, таким образом транзистор изолирует скачок напряжения от контактов питания микросхемы. Соответственно, можно поднять напряжение до напряжения пробоя внешнего транзистора.

В режиме старта протекающий ток номиналом 15 мкА течет через резистор R_{IN} , где половина напряжения предназначена для подачи на затвор, а другая половина используется в качестве тока смещения. При подаче напряжения с контакта GATE внешний транзистор подает питание на контакт OUT (рис. 1). Данные события переводят микросхему в рабочий режим, где выход достаточно высок для питания схемы с накачкой заряда, которая управляет затвором транзистора.

Как только на микросхему LTC4366 поступает питание, она готова к защите нагрузки от мгновенного перенапряжения. Защита нагрузки происходит в режиме регулирования при помощи усилителя регулирования перенапряжения, подключенного к источнику напряжения 1,23 В. Если падение напряжения в резисторе обратной связи R_{FB1} превышает 1,23 В, усилитель регулирования опускает напряжение затвора, чтобы вернуть напряжение R_{FB1} к значению 1,23 В. Это позволяет отношению R_{FB1}/R_{FB2} установить выходное напряжение на заданном уровне (рис. 1).

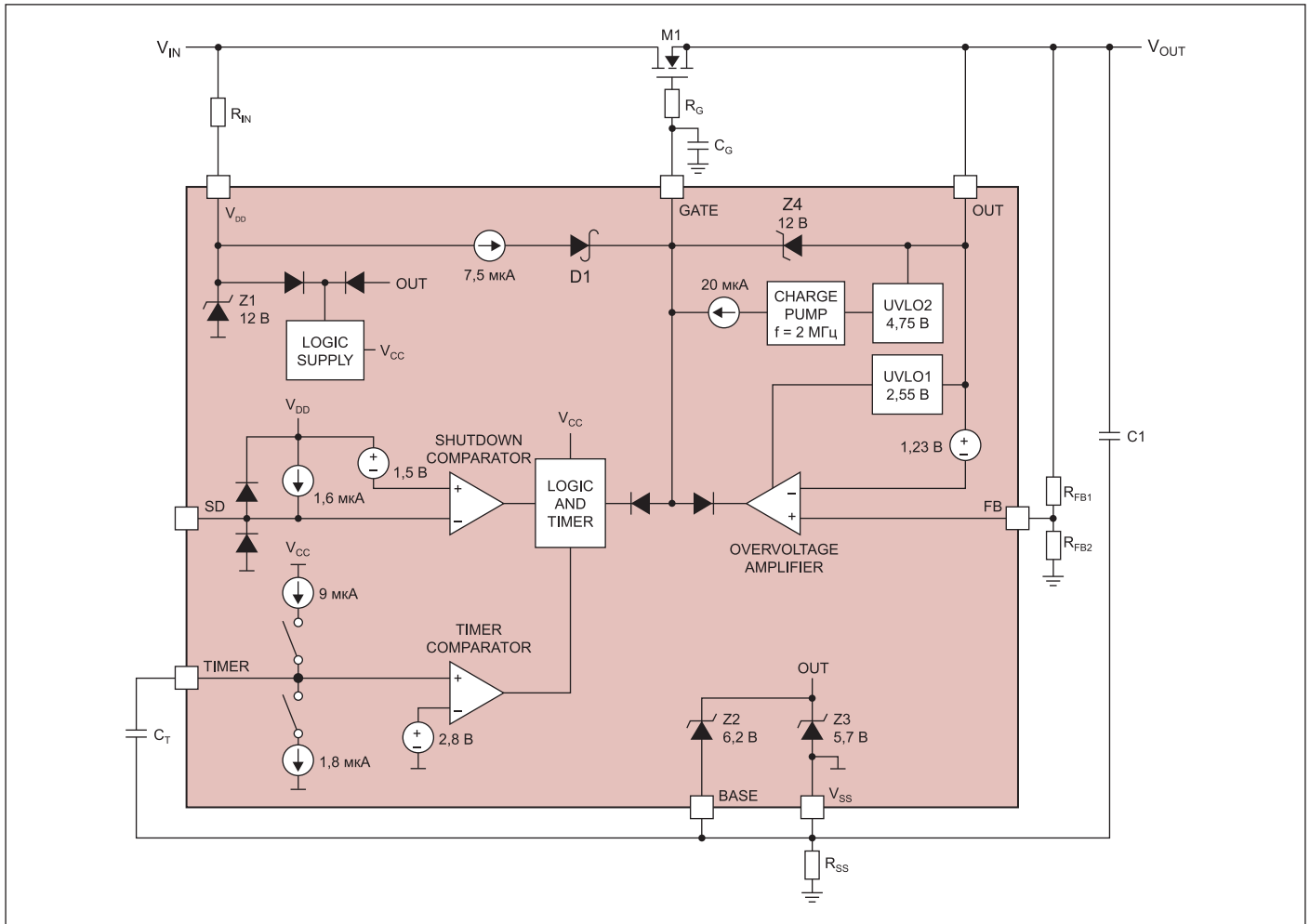


Рис. 1. Функциональная схема LTC4366

Во время контроля скачков напряжения избыточное напряжение падает на транзисторе. Для предотвращения перегрева транзистора микросхема LTC4366 ограничивает время контроля перенапряжения, используя внутренний таймер, подключенный к контакту TIMER. Контакт заряжается током номиналом 9 мкА, пока напряжение не превысит 2,8 В. В этот момент он устанавливает ошибку перенапряжения, транзистор выключается, и микросхема переходит в 9-с период. При охлаждении транзистора напряжение с контакта GATE подключается к контакту OUT.

В начале пуска, во время завершения работы или после ошибки перенапряжения контакт GATE замыкается на контакте OUT, тем самым отключая транзистор. Это позволяет замкнуть контакты V_{SS} и OUT на «землю» при помощи выходной нагрузки и R_{SS}. В таком состоянии контакт V_{DD} замыкается через 12-В шунтирующий регулятор на V_{SS}. Полное напряжение питания -12 В подается на R_{IN}, который устанавливает шунтирующий ток, достигающий 10 мА — на несколько порядков выше, чем типичный для V_{DD} ток покоя номиналом 9 мкА.

Ошибка перенапряжения

Как правило, внешний транзистор полностью включен, питая нагрузку с очень небольшим падением напряжения. По мере увеличения входного напряжения напряжение на выходе также увеличивается, пока не достигнет точки регулирования (V_{REG}). С этой точки дальнейшее увеличение напряжения сбрасывается на транзисторе. Транзистор не выключается, так как LTC4366 разрешает продолжить работу в течение короткого времени перенапряжения.

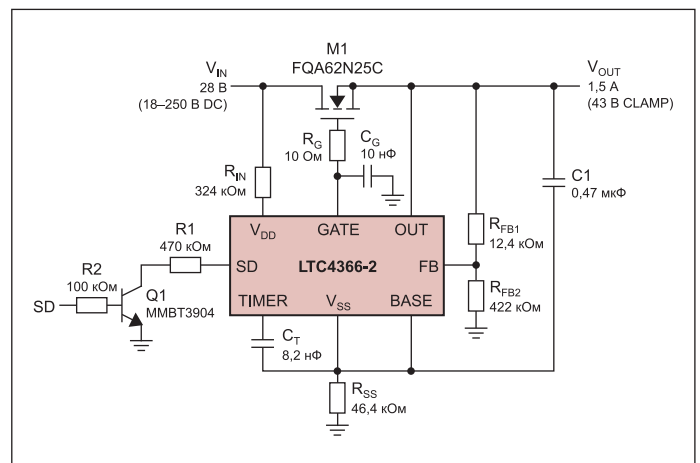


Рис. 2. Схема включения для защиты от скачков при входном напряжении 28 В

LTC4366 имеет два регулятора в сочетании с внешним резистором для обработки перенапряжения, R_{SS} и R_{IN}, для генерирования внутреннего питания на выводах V_{DD} и OUT. Это шунтирующее внутреннее питание позволяет защитить от перенапряжения при неограниченных высоковольтных переходных процессах, независимо от номинального напряжения внутренней электрической схемы LTC4366.

Когда напряжение на выходе больше или равно V_{REG}, запускается таймер, предотвращающий чрезмерное нагревание транзистора. Обычно TIMER удерживается на низком уровне с током 1,8 мкА.

Во время регулирования TIMER заряжается током 9 мкА. Если режим регулирования держится достаточно долго, чтобы на контакте TIMER оставалось напряжение, большее или равное 2,8 В, микросхема генерирует ошибку превышения напряжения.

После ошибки перенапряжения микросхема позволяет транзистору остыть и запустить питание заново (LTC4366-2), или выставляется уровень на контакте SD, пока на микросхему не будет подана команда перезапуска (LTC4366-1).

Правильный выбор R_{SS} резистора (рис. 2) является важным фактором. Во время перенапряжения выходной контакт OUT находится под напряжением регулирования (V_{REG}), а напряжение на R_{SS} соответствует $V_{REG} - 5,7$ В. Большое различие между минимальным напряжением питания и напряжением регулирования может потребовать сопротивления R_{SS} с высокой номинальной мощностью.

Полное напряжение питания -12 В может появиться на сопротивлении R_{IN} во время перенапряжения. Обычно R_{IN} в несколько раз больше, чем R_{SS} , что позволяет снизить требования к мощности и физическим размерам R_{IN} .

Применение

Высоковольтное применение

На рис. 3 представлена схема, которая выпрямляет напряжение 110 В AC до 160 В DC и защищает нагрузку от случайного подключения к 220 В AC, ограничивая выходной сигнал до 200 В DC.

Данная схема может работать в диапазоне 100–800 В на входе, где напряжением пробоя транзистора служит максимальное входное напряжение. Во внутреннюю схему с накачкой заряда встроен 0,47-мкФ шунтирующий конденсатор (C_1), что обеспечивает хорошую устойчивость к шумам при перепадах напряжения.

Автомобильное применение

На рис. 4 показана электрическая схема, которая защищает от обратного напряжения и применяется в автомобильных задачах. Когда положительное напряжение сначала подается на вход, D3 и база-коллектор узла Q2 позволяют получать M2 входное напряжение минус падение напряжения на двух диодах. Диод M2 передает мощность на LTC4366. После подачи питания на LTC4366 напряжение поступает на M1 и M2. Транзисторы M1 и M2 обеспечивают низкий импеданс нагрузке. Во время перенапряжения D1 блокирует избыточное положительное напряжение питания на входе, подходящего к контакту GATE LTC4366. D4 устраняет протекание тока через R6, когда вход положительный. D3 предотвращает пробой между эмиттером и базой Q2, если к входу подключено питание.

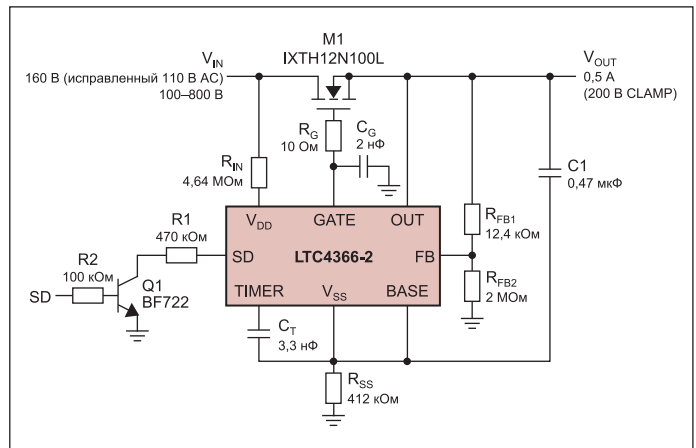


Рис. 3. Защита от высокого переменного напряжения

Во время отрицательного входного напряжения Q2 включается, когда ток от R6 усиливает прямое падение напряжения диодов на R5. Q2 удерживает затвор M2 на входном напряжении, что приводит к выключению M2.

Заключение

Продукты ограничения скачков напряжения компании Linear Technology, использующие транзисторы для блокировки входных скачков и пиков высокого напряжения, обеспечивают бесперебойное питание по всей схеме. Блокирование напряжения групповыми компонентами позволяет избежать перегорания предохранителей и повреждений, возникающих при попытке микросхемы подать большую мощность на «землю» при помощи громоздких пассивных компонентов. Кроме того, если при максимальном рассеивании переходных процессов (например, при скачке напряжения) превышаются возможности одного полевого транзистора, можно создать группу из нескольких транзисторов, что позволит поддерживать более высокие уровни мощности.

LTC4366 идеальна для жестких промышленных, автомобильных и авиационных применений, когда система должна функционировать при ощутимых перепадах и скачках напряжения. Примерами подобных применений могут служить цепи защиты с высоковольтным питанием, защита от переходных процессов электрического двигателя или защита от неправильного подключения к источникам питания. ■

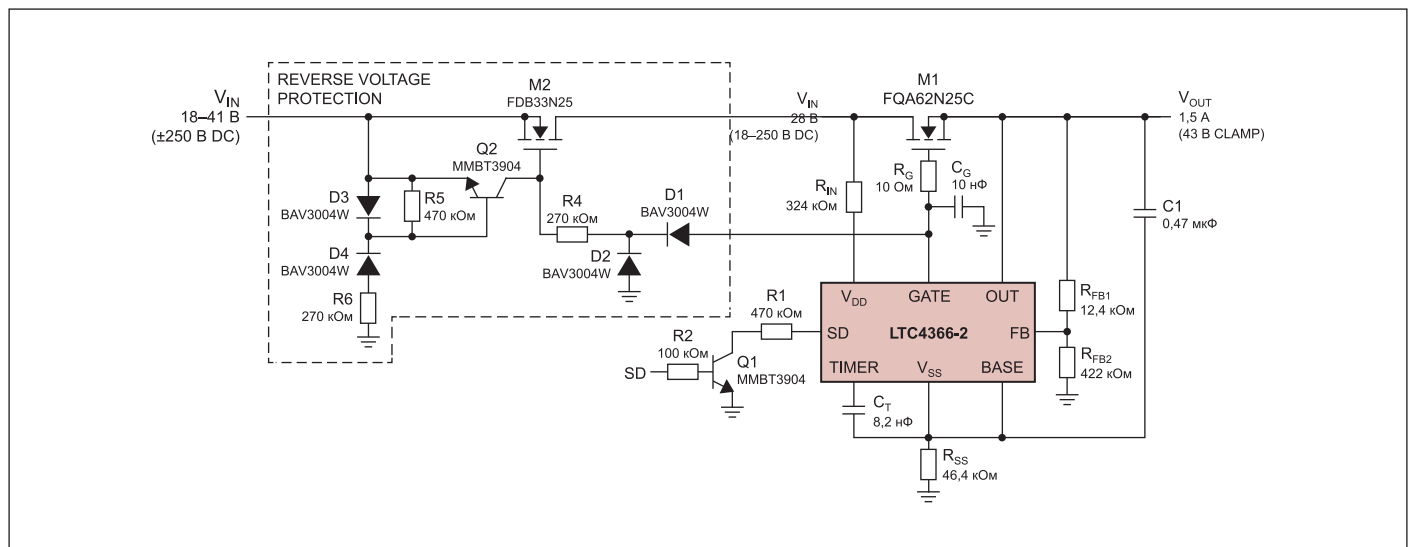


Рис. 4. Включение при применении в автомобильных задачах