

ВЫБРОСЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПЯХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

ВИКТОР ОХРИМЕНКО, технический консультант, НПФ VD MAIS

Высоковольтные выбросы напряжения длительностью от единиц микросекунд до сотен миллисекунд — это обычное явление для телекоммуникационных, автомобильных и промышленных систем низковольтного электроснабжения. В статье рассмотрены источники помех, а также средства и варианты защиты от высоковольтных выбросов напряжения в цепях электропитания.

ВВЕДЕНИЕ

Телекоммуникационное и промышленное оборудование, а также устройства автомобильной электроники подвержены воздействию разного рода помех, блуждающих по цепям электропитания и способных создавать многочисленные проблемы вплоть до полного выгорания приборов. Чтобы этого не происходило, нужно предусмотреть соответствующие меры защиты. Средства и методы борьбы с электрическими помехами и выбросами напряжения в цепях питания разных приложений, будь то промышленное или телекоммуникационное оборудование, мало чем отличаются. Но, возможно, наиболее агрессивной средой для электронных приборов является система электроснабжения автотранспортных средств, поэтому в этой статье рассмотрены источники выбросов напряжения и возможные варианты защиты именно на примере автомобильных систем электропитания. Основное внимание уделено средствам защиты, основанным на применении специализированных интегральных схем (ИС), выпускаемых компаниями Maxim Integrated Products и Linear Technology [1–7].

ИСТОЧНИКИ ВЫБРОСОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Высоковольтные выбросы напряжения малой длительности (единицы микросекунд и менее) вызваны, как правило, коммутацией индуктивных нагрузок: электродвигателей управляющих механизмов, компонентов высоковольтной системы зажигания и других, содержащих катушки индуктивности.

Общие требования, методика проверки кондуктивной помехозащитности автомобильного оборудования, а также модели импульсов, имитирующие кондуктивные помехи в системе электрооборудования, разработаны международной организацией

по стандартизации ISO (International Organization for Standardization) и приведены в стандарте ISO 7637 (Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling).

Требования к форме и параметрам генерируемых тестовых импульсов, предназначенных для проверки кондуктивной помехозащитности автомобильного оборудования, описаны в стандарте ISO 7637-2:2004 (Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only) [6]. Для тестирования оборудования разработаны восемь моделей импульсов (1, 2а, 2б, 3а, 3б, 4, 5а, 5б), имитирующих выбросы напряжения в автомобильной электропроводке. Структурные схемы их формирования и форма некоторых импульсов приведены на рисунке 1. В таблице 1 даны параметры импульса 1. Как видно, амплитуда выбросов напряжения в автомобильных системах, использующих напряжение 24...27 В может достигать 600 В [6].

В Японии действуют стандарты JASO A-1 и JASO D-1. Некоторые различия параметров импульсов, регламентируемых стандартами ISO 7637-2 и JASO A-1, приведены в таблице 2 [7]. Самые «агрессивные» выбросы напряжения (импульс 5а) порождаются генератором переменного тока при отключенном аккумуляторе. Длительность переходного процесса может составлять несколько сотен миллисекунд, в некоторых случаях — до 1 с или более, при максимальной амплитуде выбросов напряжения более 100 В, что для стандартных полупроводниковых приборов, мягко говоря, небезопасно или, говоря прямо, смертельно.

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Было бы разумно для повышения КПД устройств использовать энергию, запасенную в мощных высоковольтных выбросах напряжения отрицательной и положительной полярности, или отка-

заться от нее. С импульсами отрицательной полярности так и поступают, в простейшем случае на их пути устанавливают барьер — диод, а вот с импульсами положительной полярности дело обстоит сложнее. Можно установить на входе каждого из устройств конденсатор большой емкости, который сглаживал бы выбросы напряжения и аккумулировал запасенную в них энергию. В системе электроснабжения автомобиля для этих целей служит аккумулятор. Однако наиболее мощные помехи генерируются именно при отключенном аккумуляторе. Один из вариантов — использовать импульсные понижающие преобразователи напряжения с расширенным диапазоном входных напряжений. Несколько компаний выпускают стандартные ИС, работающие при расширенном диапазоне входных напряжений — микросхемы LTC3703, LTC3810, MC34063A, MAX5090A/B/C, MAX5092/93, TPS5430, TPS54x40/60. Однако, как показывает практика, амплитуда выбросов напряжения может достигать 150...200 В.

Традиционные до недавних пор средства защиты оборудования от перена-

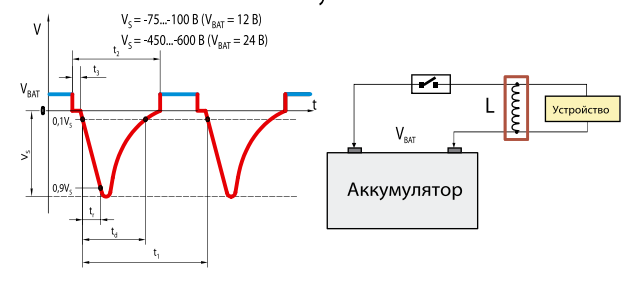
Таблица 1. Параметры тестового импульса 1

Наименование параметра	V _{BAT}	
	12 В	24 В
U _p , В	-75...-100	-450...-600
R _p , Ом	10	50
t _r , мс	2	1
t _f , мкс	1	3
t _r , с	0,5...2,0	
t ₂ , мс	200	
t ₃ , мкс	<100	

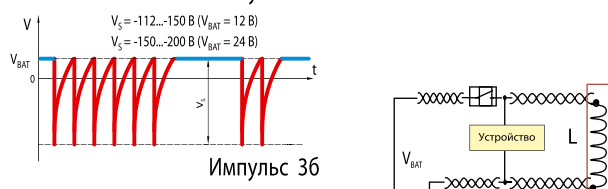
Таблица 2. Отличия параметров, регламентируемых стандартами ISO 7637-2 и JASO A-1

Стандарт	(V _{BAT} +V _S), В	V _S , В	V _{BAT} , В	R _p , Ом	T, мс
JASO A-1	70	—	12,0	0,8	200
	88	—	12,0	1,0	200
ISO 7637-2, импульс 5	78,5–100,5	65–87	13,5	0,5–4,0	400

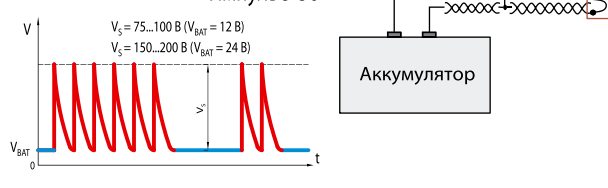
Импульс 1



Импульс 3а



Импульс 3б



Импульс 5а

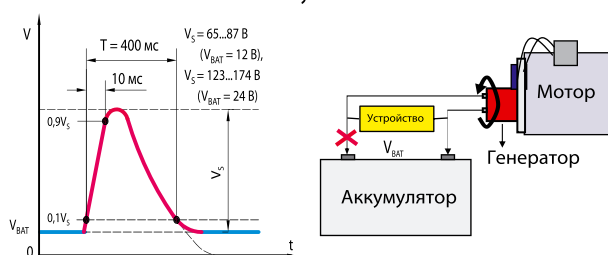


Рис. 1. Виды тестовых импульсов и структурные схемы их формирования

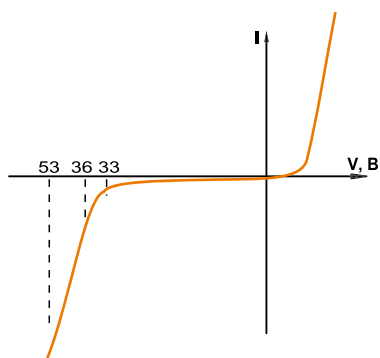


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика TVS-диода типа 3.0SMCJ33A

пряжений в цепях электропитания были основаны, главным образом, на применении пассивных компонентов: плавких и самовосстанавливающихся предохранителей, газоразрядников, варисторов, катушек индуктивности, конденсаторов, диодов и стабилитронов. Сравнительно недавно начали активно использоваться мощные полупроводниковые ограничители напряжения, так называемые супрессоры или TVS-диоды (TVS-Transient Voltage Suppressor) с пиковой мощностью от сотен ватт до 6–8 кВт.

Ограничитель напряжения на базе TVS-диода имеет большой разброс

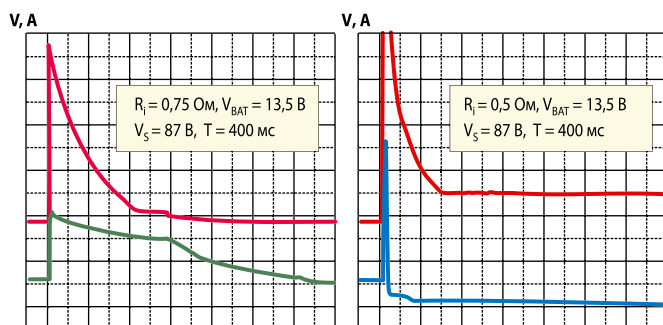


Рис. 3. Эпюры падения напряжения и тока через диод (SM5S24A) при его испытании с использованием тестового импульса 5а

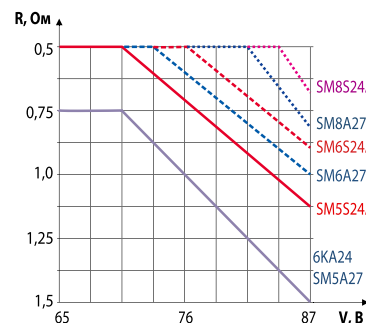
напряжений пробоя и ограничения, что обусловлено малой крутизной обратной ветви вольт-амперной характеристики, вследствие чего при увеличении протекающего через него тока увеличивается и падение напряжения на диоде (см. рис. 2). Компания Vishay General Semiconductor выпускает несколько типов TVS-диодов, предназначенных для применения в автомобильной электронике — 6KA24, SM5A27, SM6A27, а также ряд других.

На рисунке 3 приведены эпюры тока через диод (красная линия) и падения напряжения (зеленая и синяя линии), полученные при испытании TVS-диода типа SM5S24A с использованием тестовых импульсов 5а [7]. На этом рисунке приведены также параметры импульсов. Как следует из рисунка, при сопротивлении источника 0,5 Ом напряжение ограничения снижается почти до 0 В, а ток через диод равен максимально возможному V_{IN}/R_i . На рисунке 4 приведены графики зависимости допустимой амплитуды импульса (V_S) от сопротивления источника для разных типов диодов [7].

Недостаток применения предназначенного для защиты от переполюсовки стандартного высоковольтного диода — сравнительно большое падение напряжения (0,5–1,0 В) и, соответственно, увеличенная потеря мощности. Замена диода MOSFET-транзистором может снизить падение напряжения до 60...200 мВ, в зависимости от величины протекающего тока. Это особенно важно при больших нагрузках и в приложениях, для которых нежелательно снижение напряжения питания даже на небольшую величину.

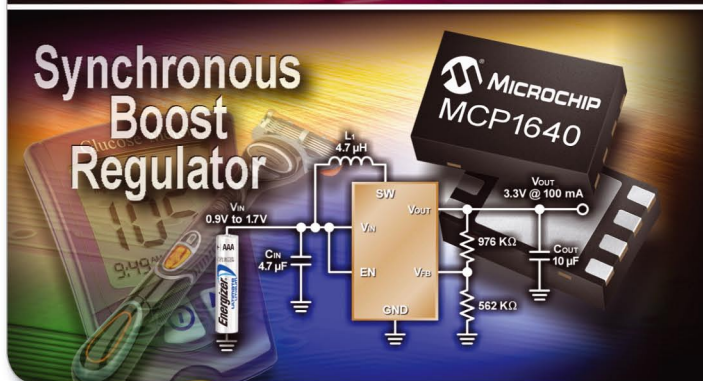
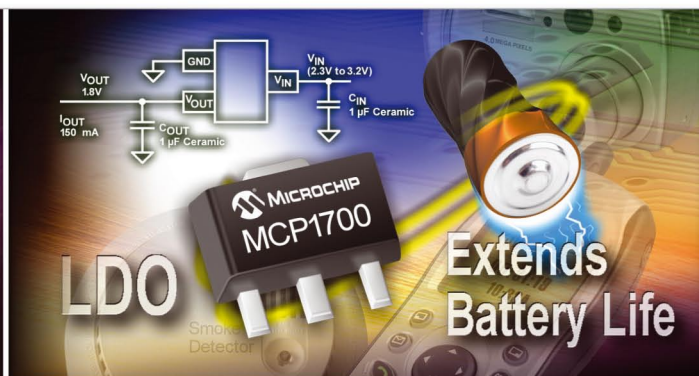
Варисторы имеют значительный ток утечки и непродолжительный срок службы, и, кроме того, их характеристики изменяются в процессе эксплуатации и с течением времени.

На рисунке 5 приведены возможные варианты подключения пассивных компонентов, применяемых для защиты от выбросов напряжения. Вовсе не обязательно включать сразу все, это всего лишь пример. Использование пассивных дискретных компонентов

Рис. 4. Графики зависимости допустимой амплитуды импульса (V_S) от сопротивления источника (R_i) для разных типов диодов

Ваш дизайн нуждается в микропотребляющих аналоговых компонентах?

Microchip может дать вам решение!



Компания Microchip предлагает широкую номенклатуру аналоговых продуктов, которые могут применяться для широкого класса задач. Более 500 аналоговых микросхем разработаны для измерения температуры, управления и мониторинга питания, заряда батарей, применения в импульсных стабилизаторах, построения интерфейсов связи, высокоточных измерениях аналоговых сигналов и усиления, а так же для построения датчиков дыма.

Операционные Усилители

- MCP6041/2/3/4
 - 600 нА ток потребления
 - Рабочее напряжение от 1.4В
 - миниатюрный корпус SOT-23

Импульсный регулятор

- MCP1640 Синхронный повышающий преобразователь
 - напряжение запуска 0.65В
 - ток потребления 19 мкА
 - отключение нагрузки

Линейные стабилизаторы с малым падением

- MCP1700
 - ток потребления 1.6 мкА
 - падение на стабилизаторе 300 мВ
 - стабильная работа с керамическим конденсатором

АЦП

- MCP342X
 - ток потребления 145 мкА
 - разрешение до 18 бит
 - рабочее напряжение от 2.7В

Оценочная плата синхронного повышающего стабилизатора MCP1640

Начните работать с микропотребляющими аналоговыми компонентами уже сейчас!



Номер для заказа - MCP1640EV-SBC

Intelligent Electronics start with Microchip

www.microchip.com/analog



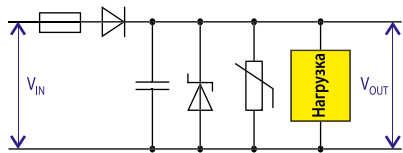


Рис. 5. Варианты подключения пассивных компонентов для защиты от выбросов напряжения в цепи питания

для защиты от выбросов напряжения имеет ряд недостатков, альтернативой может быть применение активной защиты на основе ИС, по крайней мере, для тех приложений, где можно применять низковольтное оборудование.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИС ЗАЩИТЫ

Принцип работы ИС, обеспечивающих ограничение выбросов напряжения по цепи питания весьма прост, а их упрощенная структурная схема показана на рисунке 6. Как правило, устройство содержит компаратор напряжения с эталонным источником и драйверы MOSFET-транзисторов (с N- или P-каналом). Это минимальный набор. В таких устройствах контролируется входное напряжение либо напряжение после ключа, реализованного на полевом транзисторе. Можно отметить три основных варианта построения структуры.

Вариант 1. При увеличении уровня входного напряжения выше заданного на аппаратном уровне порога ($V_{THRESHOLD}$), при котором происходит срабатывание компаратора, полевой транзистор (VT1) закрывается и, соответственно, обрывается цепь питания прибора (см. рис. 6). Недостаток этого решения заключается именно в обрыве цепи питания прибора, т.к. в этом случае напряжение поддерживается только благодаря конденсатору, установленному в цепи питания прибора. Если амплитуда выброса не уменьшится до заданного порога в течение времени разрядки конденсатора, работа прибора будет приостановлена или прекращена. В случае такой топологии остается надеяться только на энергию, запасенную в конденсаторе. Если контролировать напряжение после ключа VT1, появляется возможность не прерывать электропитание прибора.

Вариант 2. Устройство защиты работает как электронный ограничитель напряжения, аналогично TVS-диоду, но только с регулируемым напряжением пробоя. После того как ключ закрывается, контролируемое на выходе ключа напряжение начинает снижаться за счет разряда конденсатора, установленного в цепи нагрузки, и, в конечном счете, оно падает ниже напряжения порога срабатывания компаратора, после чего компаратор в очередной раз открывает транзисторный ключ. Как только конденсатор зарядится достаточно большим входным током до порога сра-

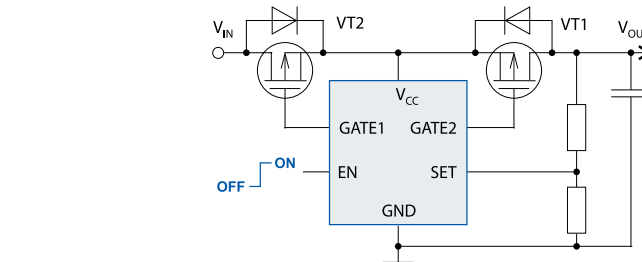


Рис. 6. Структурная схема активного устройства защиты на базе ИС

батывания, компаратор снова закрывает ключ VT1. На интервале зарядки конденсатора напряжение между стоком и истоком транзистора может достигать большой величины ($V_{IN} - V_{THRESHOLD}$), поэтому следует учитывать рассеиваемую на транзисторе мощность.

На рисунке 7 приведена диаграмма изменения выходного напряжения в этом варианте [1]. В такой структуре при входном напряжении, не достигающем порога срабатывания компаратора, транзистор VT1 полностью открыт, и падение напряжения на нем минимально ($I \cdot R_{DS(ON)}$), а, следовательно, мала и рассеиваемая мощность. В процессе регулирования выделяемая в транзисторе пиковая мощность может достигать больших значений $I \cdot (V_{IN} - V_{THRESHOLD})$. Так же, как и при использовании ограничивающего напряжение входного TVS-диода, происходит выделение тепла за счет потерь мощности. Ток через TVS-диод определяется, в первую очередь, параметрами источника перенапряжения (его внутренним сопротивлением). В этой топологии небольшая часть энергии высоковольтного выброса используется для подзарядки конденсатора в цепи питания. Итак, при выбросах напряжения на входе, благодаря использованию простого метода управления всего одним транзисторным ключом, напряжение на выходе сохраняется почти постоянным и релаксирует примерно в границах 5%, что определяется величиной гистерезиса встроенного компаратора.

Вариант 3. При увеличении уровня входного напряжения выше заданного схема управления транзисторным ключом, имеющаяся в ИС, переходит в режим стабилизации напряжения с непрерывным управлением, что существенно увеличивает мощность рассеивания на проходном транзисторе в интервалах выбросов напряжения.

Во всех вариантах, как правило, предусматривается возможность использования на входе устройства дополнительного транзистора VT2 (см. рис. 6), который заменяет диод в качестве барьера от выбросов напряжения отрицательной полярности. Обычно применяют транзисторы типа P-MOSFET, поскольку они проще в управлении. Не исключено и использование для этих целей транзисторов

типа N-MOSFET, в этом случае в ИС должен быть реализован соответствующий драйвер.

Средства активной защиты от перенапряжения в цепях питания, созданные на основе ИС, имеют ряд преимуществ по сравнению с пассивными компонентами. К ним относятся: большая точность напряжения порога ограничения (в отличие от TVS-диодов), стабильные во времени характеристики (в отличие от варисторов), меньшие размеры (в отличие от громоздких катушек индуктивности и конденсаторов), сниженная рассеиваемая мощность.

МИКРОСХЕМЫ MAXIM INTEGRATED PRODUCTS

Компания выпускает несколько типов ИС, предназначенных для защиты устройств от выбросов напряжения по цепи питания — это MAX6397/MAX6398, MAX6495-MAX6499, MAX16010-MAX16014. Структурные схемы всех этих микросхем во многом аналогичны, а отличаются их разные функциональные возможности. ИС MAX6497/98, к примеру, имеют выход сигнала индикации ПОК (Power OK). Структура микросхемы MAX6496 приведена на рисунке 8. Напряжение питания 5,5...7,2 В. В этой ИС предусмотрена возможность управления (вывод GATE) внешним транзистором типа N-MOSFET, предназначенным для защиты от перенапряжения, кроме того, микросхема содержит цепь управления (вывод GATEP) полевым транзистором типа P-MOSFET, используемым в качестве защитного барьерного диода. Микросхема снабжена компаратором со встроенным источником эталонного напряжения 1,24 В, порог

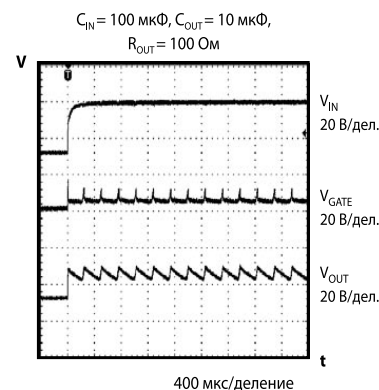


Рис. 7. Напряжение на выходе устройства ограничения выбросов напряжения

срабатывания компаратора регулируется с помощью внешнего резистивного делителя напряжения. Микросхемы MAX6496-MAX6499 выпускаются в корпусе 8-TDFN, ИС MAX6495 — в корпусе 6-TDFN, имеют размеры 3×3 мм и предназначены для работы в диапазоне температур -40...125°C.

В устройствах, созданных на базе ИС MAX16010-MAX16014, для защиты от выбросов напряжения в качестве проходного используется транзистор типа P-MOSFET. Выводы GATE2 и GATE1 предназначены, соответственно, для управления проходным транзистором и аналогом диода, выполненным на базе полевого транзистора типа P-MOSFET, используемого в качестве барьера при изменении полярности напряжения на входе. Напряжение питания 5,5...7,2 В. Структурная схема MAX16013 приведена на рисунке 9. Микросхемы MAX16010-MAX16014 выпускаются в корпусе 6-TDFN, с размерами 3×3 мм и предназначены для работы в диапазоне температур -40...125°C.

МИКРОСХЕМЫ LINEAR TECHNOLOGY

Компания предлагает несколько типов ИС, предназначенных для защиты устройств от выбросов напряжения: LT4356, LT4360/1/2, LTC4365. Эти микросхемы обеспечивают защиту оборудования от выбросов напряжения и позволяют обойтись без использования громоздких фильтров, выполненных на базе катушек индуктивности и конденсаторов. ИС LT4356 обеспечивает также защиту от короткого замыкания и перегрузок по току, кроме того в качестве защитного барьера от переплюсовки на входе в ней предусмотрено использование внешнего MOSFET-транзистора. В случае переплюсовки на входе предусмотрена встроенная защита входных цепей микросхемы до напряжения -60 В. Для измерения входного тока используется внешний низкоомный резистор. Напряжение питания — 4...80 В. Структурная схема микросхемы LT4356 приведена на рисунке 10.

Основное отличие микросхемы LT4356 от ИС семейства MAX63xx/64xx/ 1601x заключается в том, что в ней совместно с внешним проходным транзистором для поддержания заданного выходного напряжения на нагрузке используется непрерывный режим регулирования, который отличается от импульсного повышенной мощностью рассеивания в проходном транзисторе. Поскольку выбросы напряжения, как правило, имеют конечную длительность, есть надежда, что при использовании мощного транзистора он не успеет быстро «испариться».

При использовании микросхемы LT4356 следует обращать особое внимание на выбор транзистора, учитывая как пиковую, так и среднюю рассеиваемую мощность. Не полагаясь в полной мере на разработчиков, использующих эту микросхему, специалисты компании Linear Technology предусмотрели защитные меры и обеспечили возможность запирающего проходного транзистора после истечения программируемого временного интервала. Его длительность задается сторожевым таймером совместно с внешним времязадающим конденсатором. Остается только правильно выбрать величину емкости этого конденсатора. Встроенный таймер предназначен для того, чтобы исключить перегрев внешнего проходного регулирующего транзистора.

Зарядка времязадающего конденсатора осуществляется в разных режимах. При перегрузке по напряжению конденсатор начинает заряжаться током 2 мкА, который затем увеличивается по линейному закону при повышении напряжения V_{DS} (ток зарядки при напряжении $V_{DS} = 75$ В равен 50 мкА). При перегрузке по току конденсатор начинает заряжаться током 4 мкА, увеличивающимся по линейному закону (ток зарядки при $V_{DS} = 80$ В равен 260 мкА). Как только напряжение на конденсаторе достигло порога 1,25 В на выводе #FLT микросхемы устанавливается уровень лог. «0», что является предупреждением о неминуемом отказе, и может быть использовано как сигнал прерывания с последующим сохранением наи-

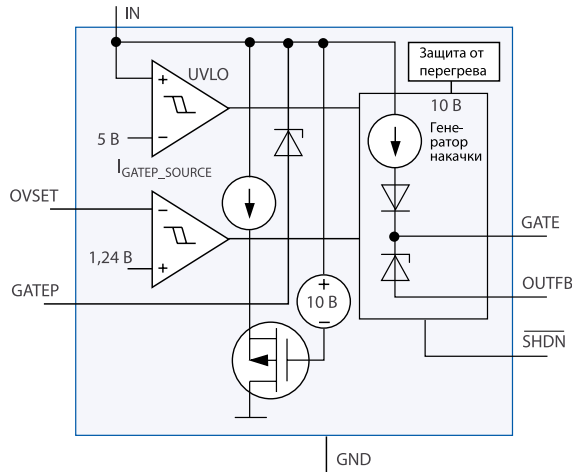


Рис. 8. Структурная схема ИС MAX6496

более важных данных в энергонезависимой памяти. С этого момента ток зарядки конденсатора снижается до 5 мкА, и после того как напряжение достигнет порога 1,35 В, происходит запирающее проходного транзистора.

Интервал времени от момента появления сигнала лог. «0» на выводе #FLT до закрывания транзистора вычисляется по формуле: $t_1 = C \cdot 100 \text{ мВ} / 5 \text{ мкА}$. В случае перегрузки по току ток зарядки времязадающего конденсатора после достижения порога 1,25 В не снижается до 5 мкА, а остается прежним. После того как условие перегрузки пропадает, конденсатор разряжается током 2 мкА. Проходной транзистор открывается при достижении на времязадающем конденсаторе напряжения 0,5 В. Интервал времени разрядки конденсатора, а это, по сути, время, (t_2) выделенное для охлаждения транзистора, вычисляется из выражения: $t_2 = C \cdot 0,85 \text{ В} / 2 \text{ мкА}$. Режим динами-



KERAFOL®

Качество из Германии



- Керамические мягкие пленки для отвода тепла
- Теплопроводные пасты для заполнения зазоров
- Клеи, компаунды
- Графитовые, ферритовые пленки

KERATHERM®

Материалы для отвода тепла



Официальный дистрибьютор в России
ЗАО «РЕОМ СПб»
 Тел./Факс: (812) 327-96-60, 387-55-06
 E-mail: reom@reom.ru Web: www.reomspb.ru
 Россия, 196105, Санкт-Петербург, просп. Ю. Гагарина, д. 1

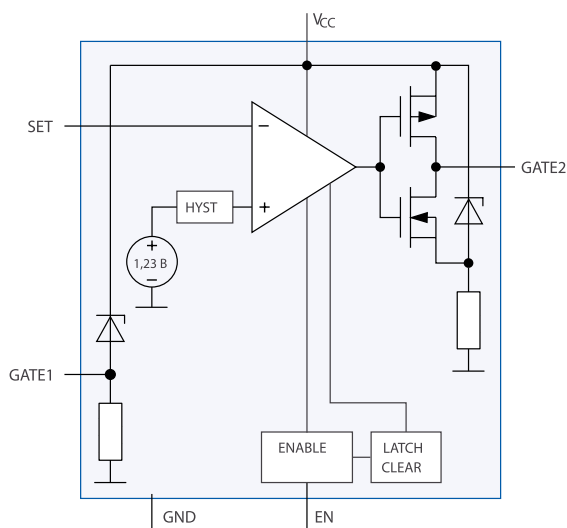


Рис. 9. Структурная схема ИС MAX16013

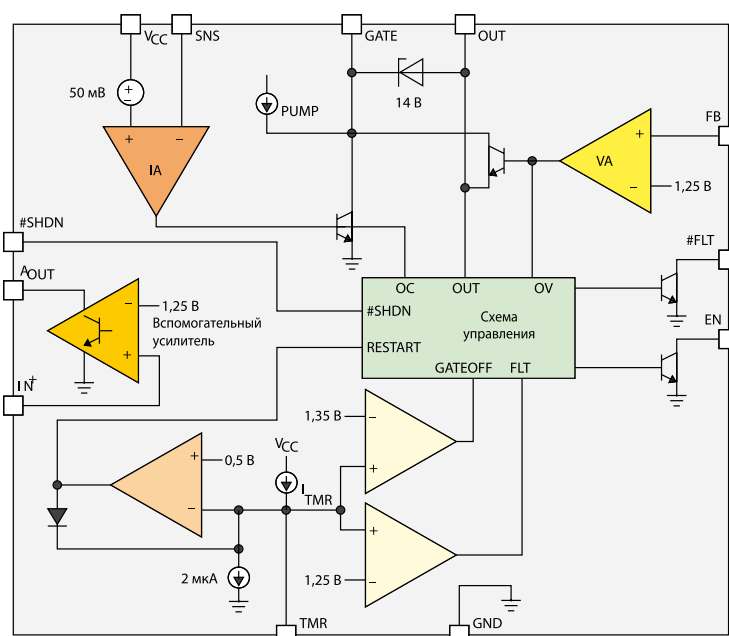


Рис. 10. Структурная схема ИС LT4356

ческого управления током зарядки времязадающего конденсатора позволяет обеспечить более надежную работу проходного транзистора и гарантирует восстановление работоспособности системы в автоматическом режиме, т.е. незначительная перегрузка может длиться дольше, чем, к примеру, короткое замыкание по выходу.

Ток потребления ИС LT4356 в активном режиме при напряжении питания 5...8 В равен примерно 600...650 мкА, при напряжении 80 В — не более 1,5 мА. В дежурном режиме (на выводе #SHDN — лог. «0») ток потребления ИС LT4356-1 при напряжении питания до 50 В не превышает 15 мкА, при напряжении 80 В — не более 50 мкА. Микросхема LT4356-2 имеет больший ток потребления, соответственно 60 и 110 мкА,

это связано с тем, что вспомогательный усилитель (вход IN⁺) с выходным током до 2 мА и встроенный источник эталонного напряжения не отключаются. Используя возможности усилителя с эталонным источником напряжения и внешний р-п-р-транзистор, можно просто реализовать стабилизированный источник питания с выходным током до 100 мА, т.е. ИС LT4356-2 даже в дежурном режиме можно использовать для электропитания других блоков и приборов. На вход #SHDN можно подавать напряжение: -60...100 В.

Для измерения тока, протекающего через нагрузку, предусмотрен прецизионный усилитель. Мониторинг входного тока осуществляется по падению напряжения на внешнем резисторе. В контуре регулирования используется источник

смещения напряжением 50 мВ. Простой расчет показывает, что при пороге ограничения тока через нагрузку, равном 5 А, необходимо использовать резистор сопротивлением 10 мОм.

Микросхемы LT4356-1/2/3 выпускаются в корпусе 12-DFN, размерами 4×3 мм, а также в корпусах MSOP-10 и SO-16 и предназначены для работы в диапазоне температур -40...125°C. Разработчикам, предполагающим использование микросхем Linear Technology, предлагается воспользоваться бесплатной программой эмуляции работы микросхем, в том числе LT4356. Программа LT spice IV позволяет оценить возможности микросхем в разных режимах работы, ознакомиться с их правильной работой, выбрать номинальные значения основных компонентов, и в результате — утвердиться в своих намерениях или продолжить поиски новых вариантов. Это позволяет еще на предварительном этапе разработки исключить приобретение оценочной платы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При защите оборудования от бросков напряжения в цепях питания проблема, собственно, заключается не в том, как и какими средствами ослабить последствия воздействий мощных высоковольтных помех, а в том, как это сделать самым оптимальным образом, обеспечить наилучшие массогабаритные и ценовые показатели и сохранив функциональные возможности электронных приборов и оборудования. Более полную информацию о пассивных и активных средствах защиты от выбросов напряжения в цепях электропитания можно найти в [1—7].

ЛИТЕРАТУРА

1. 72V, Overvoltage-Protection Switches/Limiter Controllers with an External MOSFET. MAX6495-MAX6499. — Maxim Integrated Products, 2009 (www.maxim-ic.com).
2. Ultra-Small, Overvoltage Protection/Detection Circuits. MAX16010-MAX16014. — Maxim Integrated Products, 2008 (www.maxim-ic.com).
3. Overvoltage Protection Switch/Limiter Controllers Operate Up to 72V. MAX6397/MAX6398. — Maxim Integrated Products, 2009 (www.maxim-ic.com).
4. LT4356-1/LT4356-2. Surge Stopper. — Linear Technology (www.linear.com).
5. Alternate Circuits for Overvoltage Protection: Tips and Tricks. APPLICATION NOTE 4081. — Maxim Integrated Products, 2007 (www.maxim-ic.com).
6. International Standard ISO 7637-2. Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only. Second edition 2004-06-15.
7. By Soo Man (Sweetman) Kim. Transient Voltage Suppressors (TVS) for Automotive Electronic Protection. — Vishay, 2010 (www.vishay.com).

**1-3 НОЯБРЯ 2011
МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР**

**РОССИЙСКАЯ
НЕДЕЛЯ
ЭЛЕКТРОНИКИ**



ChipEXPO-2011

**ПРОМЫШЛЕННАЯ
И ВСТРАИВАЕМАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА 2011**

**ПРОИЗВОДСТВО
ЭЛЕКТРОНИКИ**
www.elcp.ru
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

**MOBILE &
WIRELESS**

**Силовая
ЭЛЕКТРОНИКА**

ПОТЕНЦИАЛ-2011

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА

**КОМПОНЕНТЫ
И ТЕХНОЛОГИИ**

**СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

ЭЛЕКТРОНИКА
РАДИА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

электроника
медиа группа

РАДИО
www.radio.ru
АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЕ БИЛЕТЫ:

www.russianelectronicsweek.ru