

ВЫБОР ИС ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

НАЗЗАРЕНО РОСЕТТИ (NAZZARENO ROSSETTI), ДЖОН ВУДВОРД (JOHN WOODWARD), Maxim Integrated

В статье сравнивается типовая реализация дискретного решения для защиты электронной нагрузки и эффективная интегральная схема нового семейства с очень гибким функционалом, которая занимает меньше места на печатной плате и требует меньшего числа компонентов.

Электрические схемы, начинающиеся с линии переменного тока и заканчивающиеся цифровой нагрузкой, оснащены предохранителями и ограничителями бросков напряжения (transient voltage suppression, TVS) разных размеров и форм независимо от вида приложения. В схемах могут возникать броски тока, вызванные наличием накопительных конденсаторов, обратные токи при прекращении подачи электроэнергии, перенапряжения и посадка напряжения из-за переключения индуктивностей или грозовых разрядов, что ведет к повреждению важных электронных нагрузок. К ним относятся микропроцессоры и запоминающие устройства, построенные с использованием субмикронных технологий малого вольтажа. Таким образом, электронную нагрузку необходимо защитить, исключив на нее воздействие этих катастрофических событий (см. рис. 1).

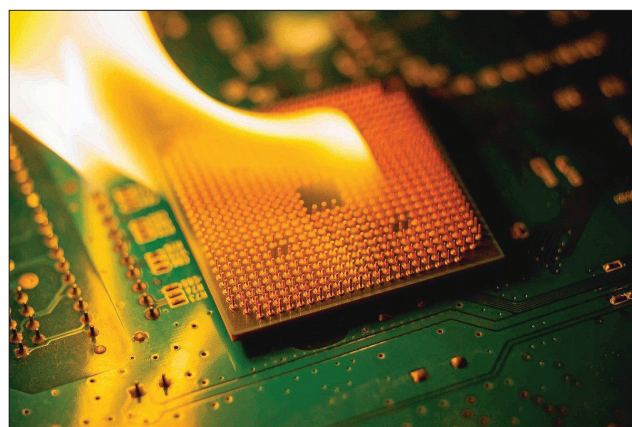


Рис. 1. Воспламенение незащищенного центрального процессора

ТИПОВАЯ ЗАЩИТА СИСТЕМЫ

На рисунке 2 показана типовая схема защиты интеллектуальной нагрузки, например микропроцессора. DC/DC-преобразователь, состоящий из управляющей ИС2, MOSFET-ключей для синхронного выпрямления (T_3 , T_4) и соответствующих диодов D_3 – D_4 , а также выходных конденсаторов фильтра (C_{IN} , C_{OUT}), подает питание на микропроцессор. Попадание броска напряжения с 48-В шины питания (V_{BUS}) на вход с напряжением V_{IN} может привести к катастрофическим последствиям для DC/DC-преобразователя и его нагрузки. По этой причине необходимо обеспечить электронную защиту на входе. В рассматриваемом случае она реализована с помощью контроллера ИС1, который управляет двумя дискретными MOSFET T_1 и T_2 .

Защитная электронная схема должна быть способна работать в пределах номинального напряжения и тока в условиях

отказа, которые возникают при перенапряжении или посадке напряжения, при перегрузке по току и протекании обратного тока. Если расчетный уровень бросков напряжения превышает номинальные значения электронной схемы, применяются дополнительные защитные уровни в виде фильтров и TVS-устройств.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПЯЖЕНИЯ

Если максимальное рабочее напряжение DC/DC-преобразователя равно 60 В, защитная ИС состоит из MOSFET-ключа T_2 , который замкнут в диапазоне рабочего напряжения и разрывает цепь при напряжениях выше этого диапазона. Соответствующий внутренний диод D_2 смещен в обратном направлении в случае возникновения перенапряжения

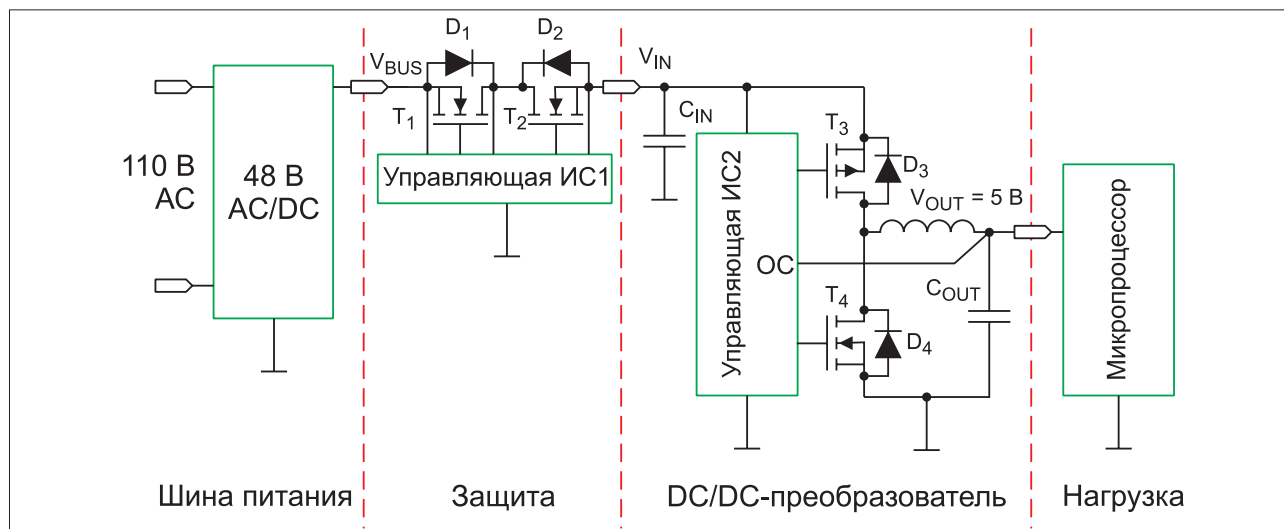


Рис. 2. Типовая электронная система и ее защита

и не играет никакой роли. Наличие T_1/D_1 тоже не имеет значения в данном случае, причем ключ T_1 полностью замкнут.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ ПО ТОКУ

Даже если величина входного напряжения ограничена заданным диапазоном, проблемы остаются. В результате колебаний напряжения в сторону увеличения возникают большие броски тока CdV/dt , которые могут разрушить предохранитель или привести систему к перегреву, уменьшив надежность ее работы. Чтобы этого не произошло, для ограничения тока применяется защитная ИС.

ЗАЩИТА ОТ ОБРАТНОГО ТОКА

Собственный диод MOSFET между стоком и истоком смещается в обратном направлении, когда ключ замкнут, и в прямом направлении в результате изменения полярности напряжения MOSFET. Таким образом, ключ T_2 сам по себе не способен блокировать отрицательные входные напряжения. Это происходит случайно, например при появлении отрицательного напряжения в переходном процессе или в результате прекращения подачи напряжения, когда входное напряжение (см. V_{BUS} на рисунке 2) мало или отсутствует, а входной конденсатор C_{IN} DC/DC-преобразователя подключается к шине питания через внутренний диод D_2 . Для блокировки обратного тока транзистор T_1 устанавливается рядом с внутренним диодом D_1 для противодействия протеканию отрицательного тока. В результате появляется дорогостоящая конфигурация со встречным включением из двух MOSFET с собственными противоположно смещенными диодами.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ MOSFET СО ВСТРЕЧНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ

Необходимость в использовании конфигурации со встречным включением очевидна, если применяются дискретные MOSFET (см. рис. 2), и менее очевидна, если управляющая схема и ключ интегрированы в одну ИС. Во многих ИС, оснащенных защитой от обратного тока, используется один MOSFET; при этом имеется дополнительная защита от обратного смещения внутреннего диода ключа независимо от полярности MOSFET. Такая схема хорошо работает с 5-V MOSFET с симметричной конструкцией относительно истока и стока. В этом случае максимальное рабочее напряжение между истоком и внутренним диодом, а также сток и внутренним диодом одинаково.

В рассматриваемом случае высоковольтные MOSFET не являются симметричными, и только сток предохраняет от воздействия высокого напряжения. Поскольку топология высоковольтных MOSFET является более уязвимой, у этих ключей с оптимизированным $R_{DS(ON)}$ исток закорочен на внутренний диод. В высоковольтном (свыше 5 В) интегральном решении также применяется конфигурация со встречным включением.

ПРИЛОЖЕНИЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

В приложениях с электроприводом постоянный ток двигателя управляется с помощью ШИМ мостового драйвера MOSFET. В состоянии ВЫКЛ. управляющего ШИМ-цикла ток возвращается во входной конденсатор, благодаря чему успешно реализуется схема восстановления энергии. В этом случае защита от обратного тока не требуется.

ТРАДИЦИОННОЕ ДИСКРЕТНОЕ РЕШЕНИЕ

На рисунке 3 представлена дорогостоящая (с учетом большой площади печатной платы и списка комплектующих) дискретная реализация схемы на рисунке 2 ($V_{IN} = 24$ В, защита в пределах $-100...40$ В). Под это решение на плате отведено место площадью 70 мм^2 .

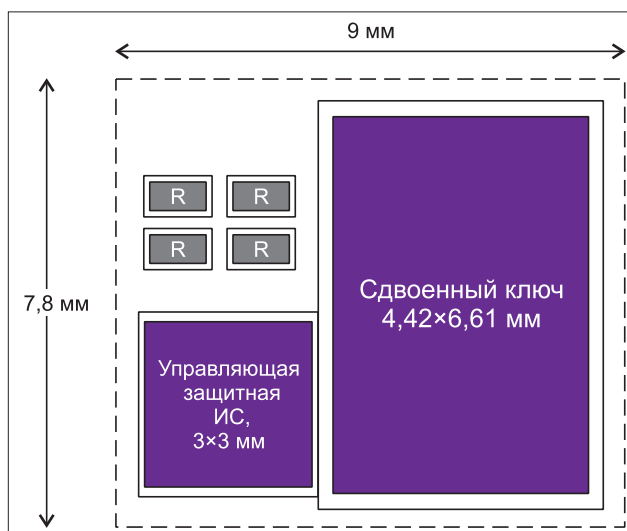


Рис. 3. Традиционная защита с использованием дискретных компонентов (70 мм^2)

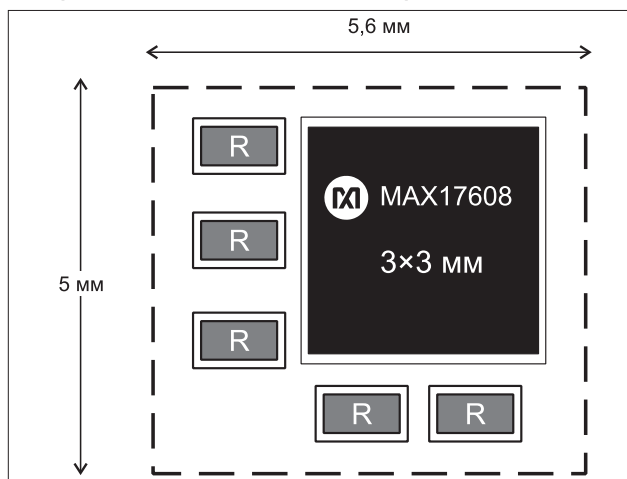


Рис. 4. Защита с помощью ИС (28 мм^2)

ИНТЕГРАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

На рисунке 4 показана интегральная схема (ИС), состоящая из управляющего блока и силовых MOSFET, объединенных в корпусе TDFN-EP размером $3 \times 3 \text{ мм}$. В этом случае площадь печатной платы меньше на 40% по сравнению с дискретным решением и составляет 28 мм^2 .

СЕМЕЙСТВО ЗАЩИТНЫХ ИС

Новое семейство устройств с регулируемыми порогами защиты от перенапряжения и перегрузки по току представляет собой пример интегральных решений. В их состав входит встроенный полевой транзистор с сопротивлением открытого канала 210 мОм . Эти ИС защищают последующие цепи от бросков входного напряжения в пределах до ± 60 В. Пороговое значение защиты от превышения напряжения (OVLO) регулируется с помощью опциональных внешних резисторов в пределах $5,5\text{--}60$ В. Регулируется также защита питания при пониженном напряжении с помощью опциональных внешних резисторов в диапазоне $4,5\text{--}59$ В. При этом используется программируемое токовое ограничение до 1 А .

Пороговое значение ограничения по току программируется путем подключения соответствующего резистора к выводу SET1. ИС MAX17608 и MAX17610 блокируют протекание тока в обратном направлении, тогда как MAX17609 допускает такой ток. Эти устройства оснащены также функцией защитного отключения при внутреннем перегреве. Микросхемы выпускаются в небольшом 12-выводном корпусе TDFN-EP размером $3 \times 3 \text{ мм}$. Расширенный диапазон рабочей температуры устройств составляет $-40 \dots 125^\circ\text{C}$.

ВЫВОДЫ

Электронным нагрузкам требуется защита от эффектов, обусловленных отключениями электроэнергии и колебаниями сетевого напряжения, переключениями индуктивных нагрузок и грозовыми разрядами. Для сравнения мы рассмотрели типовое решение для защиты от этих эффектов с невысокой степенью интеграции и длинным перечнем компонентов. В этом случае у печат-

ной платы – достаточно большая площадь. Интегральные схемы нового семейства имеют высокую функциональную гибкость и малое сопротивление открытого канала, защищают от прямого и обратного напряжений, а также от чрезмерного тока при минимальном списке компонентов и малой площади печатной платы. Такие микросхемы обеспечивают защиту электронной нагрузки с гарантированной надежностью. 