

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИС IR2151 И IR2152 К ЗАЩЕЛКИВАНИЮ В БАЛЛАСТНЫХ СХЕМАХ

Высоковольтные ИС IR2151 и IR2152 созданы специально для управления ламповым балластом. Эти схемы включают генератор, аналогично популярной КМОП схеме таймера серии 555, и высоковольтный полумостовой драйвер затвора. Дополнительные схемы управляют запуском ИС и лампы и обеспечивают паузу проводимости в 1,2 мксек между выходными сигналами управления затвором верхнего и нижнего уровня. ИС IR2151 и IR2152 отличаются только фазовыми соотношениями их генераторов управление выход-затвор.

На рис. 1 приведена типовая электронная схема лампового балласта на ИС IR2151 в качестве центрального контроллера балласта. Выход полумоста генерирует на частоте, определенной времязадающими компонентами R_T и C_T (с 50%-ным рабочим циклом), и самозапускается, когда высоковольтный навесной резистор R_1 заряжает питанием емкость развязки C_1 до напряжения превышающего напряжение включения (UVLO) – порогового (UVCC+) напряжения.

Предварительный нагрев нити накала осуществляется терморезистора R_3 с положительным ТСК, который вначале имеет малую величину сопротивления. Как только этот резистор нагревается, напряжение на пусковом конденсаторе растет до тех пор, пока на лампе не возникает напряжение, достаточное для ее зажигания. Как только лампа зажглась, ток в ней управляется частотой выходного полумоста, постоянным напряжением сети и величиной компонентов C_3 и L_2 последовательного резонансного фильтра нагрузки.

Понимание коренных причин защелкивания КМОП драйвера затвора является первым важным шагом для предупреждения появления этого эффекта в мощных полумостовых схемах. На рис. 2 показан выходной каскад типовой КМОП ИС драйвера затвора. Несмотря на то, что единственными внутренними активными приборами в этой схеме являются РМОП и ММОП управляемые транзисторы (MP1 и MN1), с активными КМОП приборами и их встроенными диодами связаны паразитные биполярные NPN и PNP-транзисторы.

Для уменьшения влияния этих паразитных биполярных транзисторов разработчику требуется потратить значительные усилия в двух направлениях. Первое заключается в топологии выходного каскада для уменьшения шунтирующего сопротивления база-эмиттер. Второе заключается в увеличении составляющей полного коллекторного тока, который проходит непосредственно к питанию (вместо комплементарных приборов). Однако PNP структура защелки не может быть полностью исключена также потому, что при определенных условиях будет включаться образуемый паразитный тиристор. В соответствии с практическими схемами применения ИС IR2151 и IR2152 наиболее общим методом сбрасывания (защелкивания) PNPN структуры является подача на выход напряжения, которое либо выше напряжения питания, либо ниже напряжения земли на величину, большую напряжения биполярного транзистора V_{be} , чтобы сделать ток коллектора этого прибора достаточным для включения комплементарного транзистора. Когда оба транзистора включены и их бета-коэффициент превышает 1. 0, наступает регенерация (восстановление) и питание закорачивается на землю через тиристорную структуру. Часто результатом этого является постепенное разрушение металлизации с потерей работоспособности ИС.

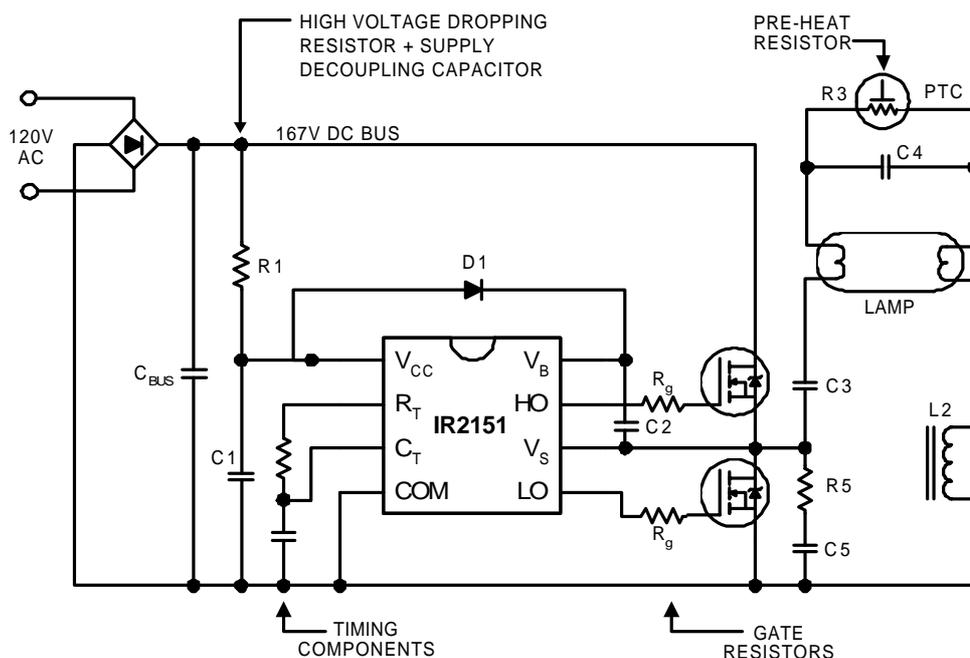


Рис. 1. Электронный балласт лампы на основе ИС контроллера IR2151

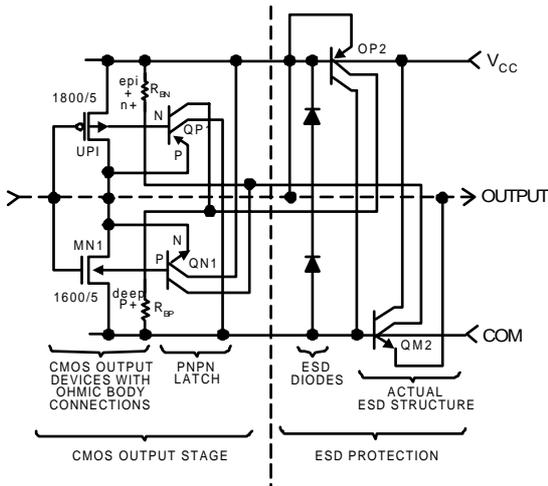


Рис. 2. Выходной каскад КМОП драйвера затвора, включающий паразитные NPN и PNP транзисторы

ИС IR2151 и IR2152 настроены на то, чтобы иметь способность противостоять защелкиванию по крайней мере при токе 500мА, что означает: если вы подадите на выход напряжение выше напряжения питания или ниже потенциала земли при значении тока истока до 500мА с питанием, смещенным до 12В, то явление защелкивания не произойдет (т. е. PNPN структура не восстанавливается). Ток необходимый для сброса защелок в ИС1Р2151 и IR2152, в типовом случае превышает 1, 2А при комнатной температуре. Кроме того, за счет малой f_t паразитного латерального PNP транзистора ($f_t < 1\text{МГц}$) ток защелкивания также является функцией длительности импульса. При длительности импульса менее 1мксек сильно возрастает влияние тока защелкивания, и если ток в импульсе достаточно короткий, защелка вообще не может восстановиться.

В заключение, температурный коэффициент тока защелки отрицателен $CTC = -5000\text{ppm}/^\circ\text{C}$ за счет положительного температурного коэффициента бэта паразитного NPN транзистора. В практических схемах на ИС IP2151или IR2151 исключить возможные защелки нетрудно, если выполнять требования к схемному и топологическому проектированию.

Во-первых, должно быть выполнено правильное заземление. Вывод ИС земли (COM) должен быть присоединен непосредственно к истоку мощного МОП ПТ/БТИЗ нижнего уровня и затем эта точка должна быть направлена к отрицательной клемме высоковольтного сетевого конденсатора (см. рис. 3а).

Это приводит к помехам общего вида $L_p di/dt$ по земле ИС и истоку мощного МОП ПТ/БТИЗ нижнего уровня и к уменьшению возможности включения защелки в ИС. (Примечание: так как вывод питания ИС замкнут установленной емкостью C1 к земле (COM) и разомкнут от мощной схемы некоторым резистивным импедансом, то при этом также происходит смещение истока мощного МОП ПТ /БТИЗ нижнего уровня. Такие же рекомендации по топологии вполне применимы к МОП ПТ/БТИЗ верхнего уровня и к выводу управления затвором HO (и его аналогу земли VS).

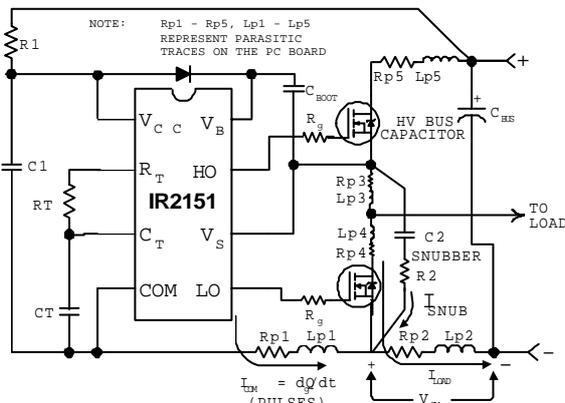


Рис. 3а. Пример правильного присоединения выводов ИС для уменьшения помех

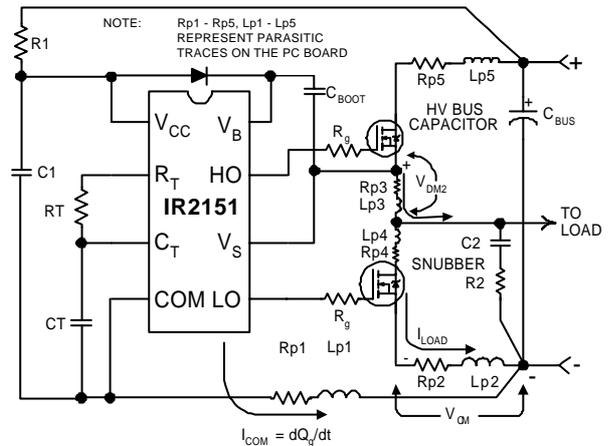


Рис. 3б. Пример неудачного присоединения выводов ИС

Даже если топология печатной платы соответствует приведенной на рис 3б, помеха дифференциального типа на выводе LO (или HO) может вызывать понижение напряжение на выводе COM (или VS), делая схему менее устойчивой к защелкиванию. Второй прием повышения устойчивости к защелкиванию касается порядка распределения токов, вытекающих из ИС во время переключения выходного напряжения и влияния переменного импеданса на затвор мощного МОП ПТ/БТИЗ.

Обращаясь к рис. 4, видно, что изменение выходного напряжения dV/dt (которое отрицательно) емкостью затвор-исток мощного МОП ПТ/БТИЗ нижнего уровня, нарушает смещение тока, вытекающего из ИС, вызывая смещение выходного напряжения LO ниже потенциала земли (COM). Если это смещение тока достаточно велико, то включаются паразитные NPN и PNP транзисторы в каскаде управления затвором, отпуская защелку VCC-COM. Эта тиристорная структура будет пытаться разрядить встроенный конденсатор питание-земля через внешние металлизированные соединения VCC, COM в ИС.

Но так как типичный паразитный тиристор КМОП выходного каскада способен проводить ток в несколько ампер, ток защелки часто превышает ток, достаточный для расплавления металлических межсоединений в ИС, и питание ИС оказывается разомкнутым.

Положение ухудшается тем, что установленная низковольтная развязывающая емкость должна иметь малый импеданс в цепи питания ИС и таким образом, должна быть способна к передаче на паразитный тиристор большого пикового тока. Разработчик балластной схемы должен иметь в виду, что между проводимостью и потерями при переключении в мощных

МОП ПТ/БТИЗ должен быть достигнут компромисс и то, что вообще называется традиционной схемой (т. е. применение МОП ПТ большой мощности) может приводить к другим проблемам.

Один из методов уменьшения влияния этих токов смещения $C_{gd} dV_{out}/dt$ и, следовательно, повышения устойчивости к защелкиванию системы управления затвором мощного транзистора с помощью ИС заключается в введении сглаживающей цепочки от выхода полумоста к шине постоянного высокого напряжения или к шине земли.

Обращаясь к схеме балласта, приведенной на рис. 5, RC цепочка (скуббер) сопротивления 10 Ом и емкости 0,001мкФ от вывода выхода мощности к земле уменьшает скорость изменения выходного напряжения dV/dt , таким образом уменьшая пиковые токи смещения, вытекающие из ИС (при этом развязка служит для уменьшения электромагнитных помех, излучаемых балластом).

Верхний предел постоянной времени RC цепочки, однако, существует в связи с паузой между импульсами самой ИС в 1,2 мксек и необходимостью поддерживать нулевое напряжение переключения при работе МОП ПТ/БТИЗ. Это является неизбежным, так как схема сглаживающего фильтра является единственно способной решить проблему защелкивания для всех возможных вариантов системы ИС/МОП ПТ/нагрузка.

Второй способ повышения устойчивости системы ИС/МОП ПТ/нагрузка к защелкиванию включает резистор связи между выходом ИС (LO/HO) и затвором соответствующего мощного транзистора, как это показано на рис. 6.

Этот резистор ограничивает токи, вытекающие из выходов ИС во время передачи полумостом выходного напряжения, и вынуждает большую часть тока смещения $C_{gd} dV_{out}/dt$ течь вне емкости затвор-исток мощного МОП ПТ.

Величина этого резистора затвора должна быть выбрана из условия гарантии того, что обратные токи выходов ИС никогда не превысят +/-500мА. (Заметьте, пожалуйста, что для нормального включения и выключения МОП ПТ выходной ток не следует ограничивать. В этом случае резистор затвора служит только демпфером LC цепочки, связанной с емкостью затвор-исток мощного МОП ПТ и индуктивностями затвора и истока, и для обеспечения пользователя плавным во времени нарастанием и спадом сигнала на затворе.

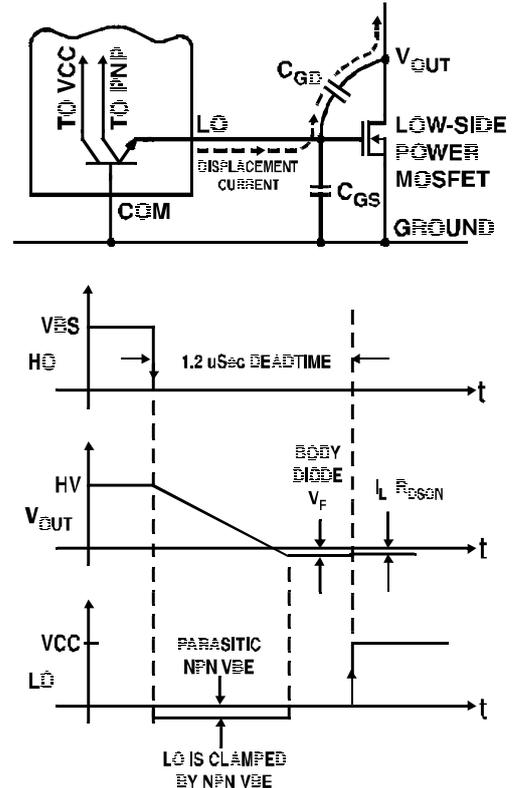


Рис. 4. Выходное напряжение с наведенными токами смещения

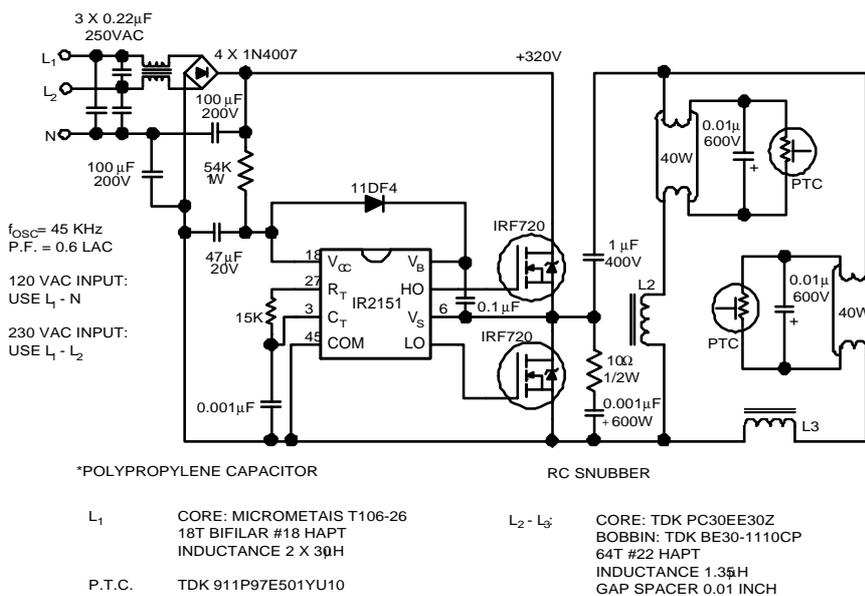


Рис. 5. Схема скуббера (сглаживающей RC цепи) напряжения на выходе полумоста

Однако верхний предел величины этого резистора затвора существует, поэтому этот феномен отражен на рис. 7. Если величина резистора затвора слишком большая, тогда в течение передачи положительного выходного напряжения ток смещения $C_{gd} dV_{out}/dt$ будет создавать на затворе мощного МОП ПТ напряжение, превышающее пороговое, вызывая повторное включение.

В этом случае скорость затухания выходного напряжения должна определяться замедлением выключения мощного МОП ПТ (а не величинами компонентов RC цепи фильтра), при этом в мощных транзисторах увеличиваются потери на переключение.

Для разработчиков балластных схем, которым нужно применять большие величины резистора затвора. проблемы самовключения можно ограничить соединенной в параллель резистору диода, как показано на рис. 8.

Во время заряда затвора диод находится под обратным смещением и, следовательно, время нарастания напряжения на затворе будет определяться постоянной времени $R_g C_{iss}$. При разряде, однако, диод находится под прямым смещением и создает цепь с малым импедансом для ускорения времени спада напряжения на затворе. Кроме того, диод находится под обратным смещением, когда токи смещения $C_{gd} dV_{out}/dt$ вытекают из ИС, таким образом поддерживая высокую степень устойчивости к защелкиванию. В результате всех этих рассуждений разработчику балластной схемы следует учитывать следующие параметры схемы в отношении согласования токов для достижения высокой устойчивости системы ИС/МОП ПТ/нагрузка, хорошей работы балласта в условиях электромагнитных помех и низких потерь переключения:

1. Применять оптимальный по мощности МОП ПТ/БТИЗ с внутренними емкостями, которые указаны в справочных данных.
2. Значение компонент RC цепи скруббера и желаемое изменение dV/dt .
3. Время паузы между импульсами (срабатывания) ИС = 1,2мксек.
4. Величину резистора затвора.

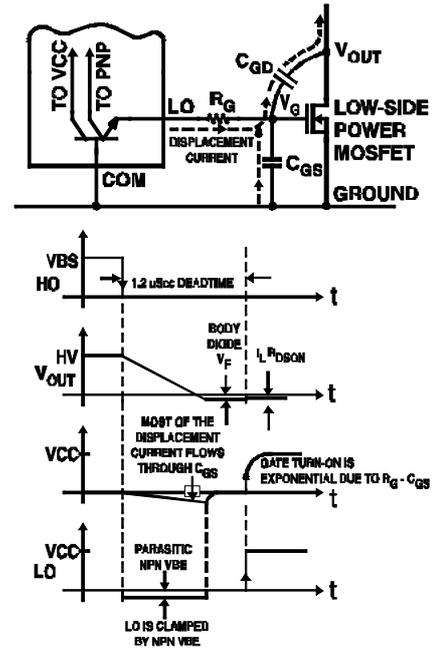


Рис. 6. Резистор затвора защищает ИС от помех при переключении мощного МОП ПТ/БТИЗ

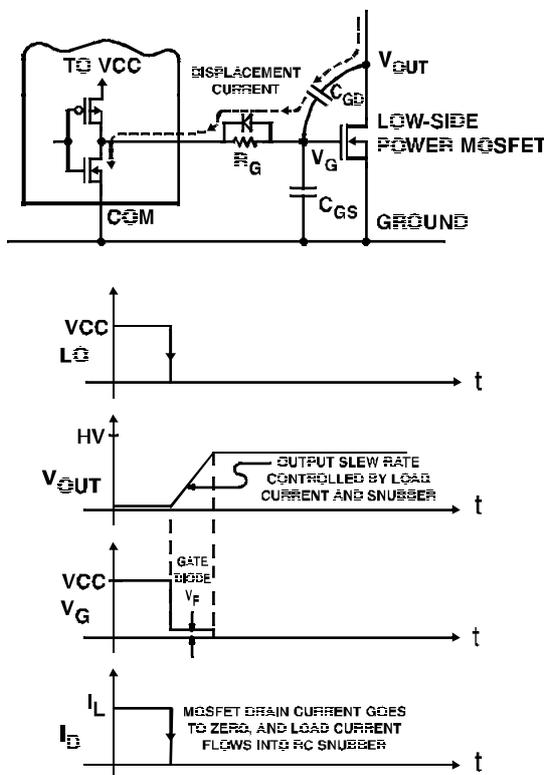


Рис. 7. Самопроизвольное включение МОП ПТ при большой величине резистора в цепи затвора

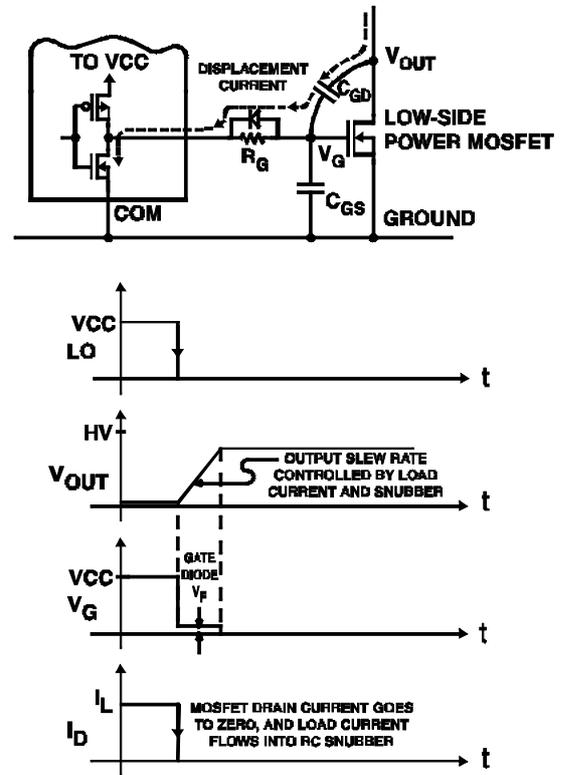


Рис. 8 Параллельное соединение диода и резистора для замедления времени включения и ускорения выключения