



Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ INTERNATIONAL RECTIFIER

International
IR Rectifier

Интеллектуальные ключи International Rectifier имеют несколько степеней защиты, оптимизированные для автомобильных приложений диапазоны рабочих напряжений, и не нуждаются в дополнительных драйверах МОП-транзисторов. Эти и другие преимущества позволяют с успехом использовать интеллектуальные ключи в автомобильной электронике и промышленной технике.

Интеллектуальные ключи или IPS (Intelligent Power Switches) имеют высокую плотность тока и несколько степеней защиты, благодаря чему их надежность при перегрузках и обратном включении гораздо выше по сравнению с обычными МОП-транзисторами (MOSFET). Они защищены от включения с обратной полярностью, перегрузок по току и напряжению и от перегрева кристалла. Диапазоны рабочих напряжений и токов интеллектуальных ключей оптимизированы для автомобильных приложений с напряжениями питания 12, 24 и 42 В. Управление ключами непосредственно от логических схем позволяет отказаться от дополнительных драйверов МОП-транзисторов. В силу этих и многих других достоинств, интеллектуальные ключи находят

широкое применение в автомобильной электронике и промышленной технике.

Интеллектуальные ключи International Rectifier можно разделить на три группы:

- интеллектуальные ключи нижнего уровня;
- интеллектуальные ключи верхнего уровня;
- интеллектуальные ключи верхнего уровня с программируемой отсечкой тока.

Интеллектуальные ключи нижнего уровня

У интеллектуальных ключей нижнего уровня исток соединяется с общим силовым проводом, нагрузка подключается между стоком и шиной питания. Использование входа управления для диагностики корректности режимов

работы ключа позволяет обойтись всего тремя выводами корпуса. Низкое количество выводов корпуса и простота схемы интеллектуальных ключей нижнего уровня позволяют снизить цену этих приборов. Типовая схема включения ключа нижнего уровня показана на рисунке 1. Вход управления ключей этого типа одновременно является и входом диагностики рабочего состояния прибора по величине входного тока. Ключи этого класса защищены от перегрева кристалла (температура выключения 165°C), имеют оптимизированные длительности фронтов и спада импульсов для минимизации создаваемых электромагнитных помех, реализована функция активного ограничения тока (Active clamp). Максимальное значение ограничения тока у самых мощных ключей составляет 85 А. Низкий входной ток и совместимость с логическими уровнями позволяют упростить управление ключами от микроконтроллера и исключить дополнительные электронные компоненты. Разнообразие корпусов для интеллектуальных ключей нижнего уровня (типы корпусов приведены на рисунке 1) и широкий диапазон максимальных выходных токов позволяют сделать разработчику оптимальный выбор прибора. Основные параметры интеллектуальных ключей нижнего уровня сведены в таблицу 1.

Интеллектуальные ключи верхнего уровня

Чаще всего в автомобиле нагрузка подключается к общему силовому проводу («массе»). В этих случаях управлять нагрузкой удобно с помощью интеллектуальных ключей верхнего уровня. Ти-

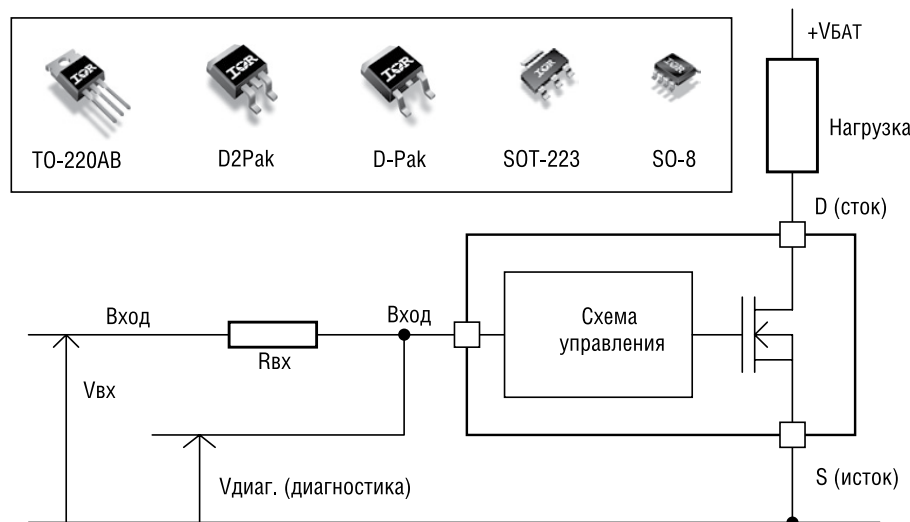


Рис. 1. Типовая схема включения интеллектуального ключа нижнего уровня

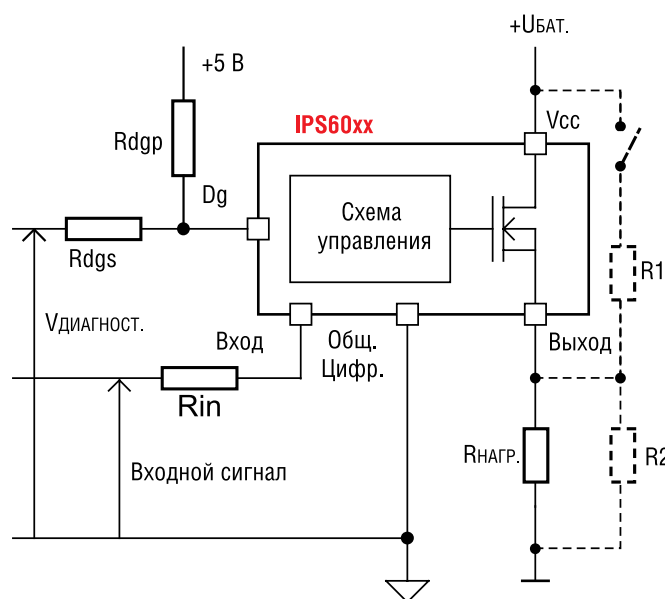
Таблица 1. Интеллектуальные ключи нижнего уровня International Rectifier

Наименование	Корпус	Число входов	Rси(вкл.), (мОм)	Uвых макс, (В)	Параметры защиты	
					Iвыкл, (А)	Tвыкл, (С°)
IPS1011	TO-220AB	1	13	36	85	165
IPS1011R	D-Pak	1	13	36	85	165
IPS1011RPBF	D-Pak	1	13	36	85	165
IPS1011S	D2-Pak	1	13	36	85	165
IPS1011SPBF	D2-Pak	1	13	36	85	165
IPS1021R	D-Pak	1	25	36	35	165
IPS1021RPBF	D-Pak	1	25	36	35	165
IPS1021S	D2-Pak	1	25	36	35	165
IPS1021SPBF	D2-Pak	1	25	36	35	165
IPS1021	TO-220AB	1	25	36	35	165
IPS1021PBF	TO-220AB	1	25	36	35	165
IPS1031	TO-220AB	1	50	36	18	165
IPS1031PBF	TO-220AB	1	50	36	18	165
IPS1031R	D-Pak	1	50	36	18	165
IPS1031S	D2-Pak	1	50	36	18	165
IPS1042GPBF	SO-8	2	100	39	6	165
IPS1041RPBF	D-Pak	1	100	39	6	165
IPS1041LPBF	SOT-223	1	100	39	6	165
IPS2041RPBF	D-Pak	1	130	68	5	165
IPS2041LPBF	SOT-223	1	130	68	5	165
IPS1052GPBF	SO-8	2	250	39	2,8	165
IPS1051LPBF	SOT-223	1	250	39	2,8	165

повая схема включения интеллектуальных ключей верхнего уровня на примере серии IPS60xx приведена на рисунке 2.

Интеллектуальные ключи верхнего уровня International Rectifier имеют пять выводов (вход основной, вход диагностики, общий цифровой, вывод для подключения питания и выход). На рисунке 3 проиллюстрировано правильное соединение общего силового и общего цифрового проводников для исключения протекания тока нагрузки через цифровую землю, что предотвращает ложные срабатывания ключа.

Дополнительный вход диагностики DG (diagnostics) позволяет контролировать состояние ключа во время работы и при включении. На примере интеллектуальных ключей верхнего уровня серии IPS60xx на рисунке 4 показаны режимы, диагностируемые ключами этой серии. Ключи этой серии способны определить обрыв (отключение) нагрузки, короткое замыкание выхода на общий провод или на шину питания, а также перегрев кристалла. При случайном отключении цифрового общего провода интеллектуальный ключ автоматически переходит



R1 и R2 необходимы для детектирования обрыва нагрузки или короткого замыкания выхода на +UБ.Т.

Рис. 2. Типовая схема включения интеллектуальных ключей верхнего уровня (серия IPS60xx)

дит в аварийный режим работы и отключает нагрузку. Этот момент показан на рисунке 5. Резисторы Rдgp и Rвх ограничивают ток через микроконтроллер.

В интеллектуальных ключах верхнего уровня реализована защита от перегрева кристалла при резком увеличении выходного тока. Временные диаграммы, иллюстрирующие срабатывание защиты при превышении допустимой температуры кристалла показаны на рисунке 6. В момент достижения кристаллом максимально допустимой температуры Tогр+ происходит отключение ключа от нагрузки. После снижения температуры до уровня Tогр- работоспособность ключа восстанавливает-

люстрирующие срабатывание защиты при превышении допустимой температуры кристалла показаны на рисунке 6. В момент достижения кристаллом максимально допустимой температуры Tогр+ происходит отключение ключа от нагрузки. После снижения температуры до уровня Tогр- работоспособность ключа восстанавливает-

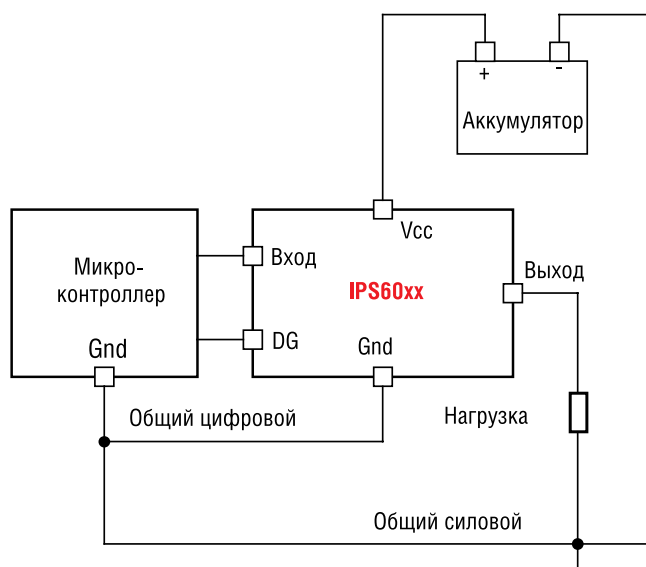


Рис. 3. Корректное соединение общих проводников интеллектуальных ключей верхнего уровня

ся. Если перегрузка не устранена, то такие температурные циклы будут периодически повторяться, что показано на рисунке 6.

При перегрузке в ключах верхнего уровня реализовано активное ограничение тока. Это освобождает микроконтроллер от постоянного контроля работоспособности интеллектуального ключа. Однако необходимо учитывать, что при перегрузке по току транзистор переходит в линейный режим, и рас-

сеиваемая на нем мощность может оказаться недопустимо большой. В документации для интеллектуальных ключей приводятся графики зависимости допустимой индуктивности нагрузки при максимальном токе (типовой график показан на рисунке 7). Типовые временные диаграммы, иллюстрирующие режим активного ограничения тока ключей серии IPS60xx приведены на рисунке 7. Подробно все эти процессы рассмотрены в руковод-

Режимы работы IPS60xx	Вход	Выход	Вход DG*
Нормальный режим	H**	H	H
Нормальный режим	L***	L	H
Отключенная нагрузка	H	H	L
Отключенная нагрузка (1)	L	H	L
КЗ на общий провод	H	L	L
КЗ на общий провод	L	L	H
КЗ на Улит.	H	H	L
КЗ на Улит. (2)	L	H	L
Перегрев кристалла	H	L	L
Перегрев кристалла	L	L	H

*Вход DG - вход для сигналов диагностики

**H (High) - высокий уровень напряжения

***L (Low) - низкий уровень напряжения

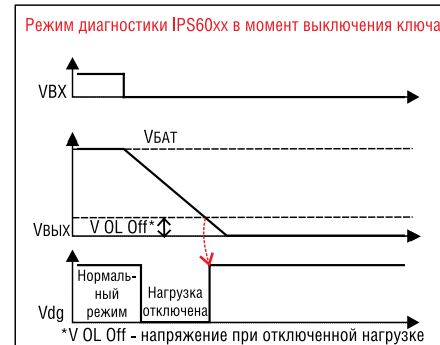
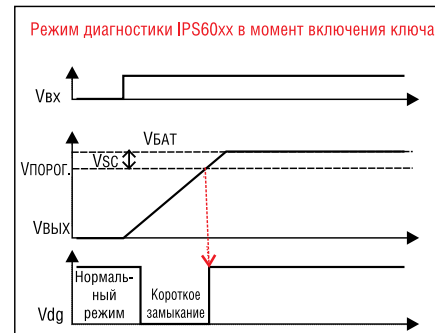


Рис. 4. Режимы диагностики интеллектуальных ключей серии IPS60xx

Таблица 2. Ключи верхнего уровня International Rectifier

Наименование	Корпус	Число входов	Rси(вкл), (мОм)	Uвых макс, (В)	Параметры защиты	
					Iстаб, (А)	Tвыкл, (C°)
IPS6011RPBF	D-Pak-5	1	14	39	60	165
IPS6011PBF	TO-220FL	1	14	39	60	165
IPS6011SPBF	D2-Pak -5	1	14	39	60	165
IPS6021RPBF	D-Pak-5	1	30	39	32	165
IPS6021PBF	TO-220FL	1	30	39	32	165
IPS6021SPBF	D2-Pak -5	1	30	39	32	165
IPS6031PBF	TO-220FL	1	60	39	16	165
IPS6031SPBF	D2-Pak -5	1	60	39	16	165
IPS6031RPBF	D-Pak-5	1	60	39	16	165
IPS7081RPBF	D-Pak-5	1	70	70	5	165
IPS7081PBF	TO-220AB	1	70	70	5	165
IPS7081SPBF	D2-Pak -5	1	70	70	5	165
IPS7071GPBF	SO-8	1	110	70	5	165
IPS7091SPBF	D2-Pak -5	1	120	70	5	165
IPS7091GPBF	SO-8	1	120	70	5	165
IPS7091PBF	TO-220AB	1	120	70	5	165
IPS6041RPBF	D-Pak-5	1	130	39	7	165
IPS6041PBF	TO-220FL	1	130	39	7	165
IPS6041GPBF	SO-8	1	130	39	7	165
IPS6041SPBF	D2-Pak -5	1	130	39	7	165

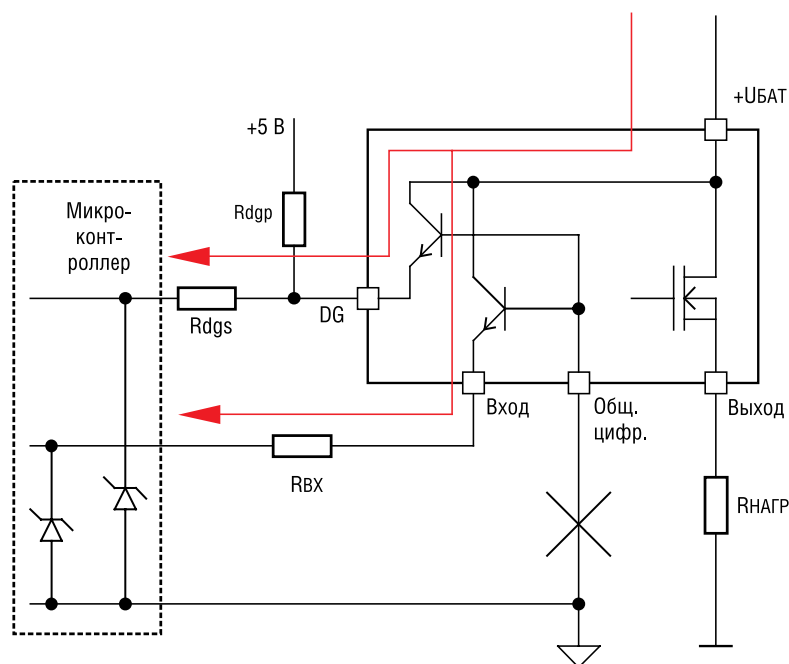


Рис. 5. Ограничение тока через микроконтроллер при обрыве общего цифрового провода

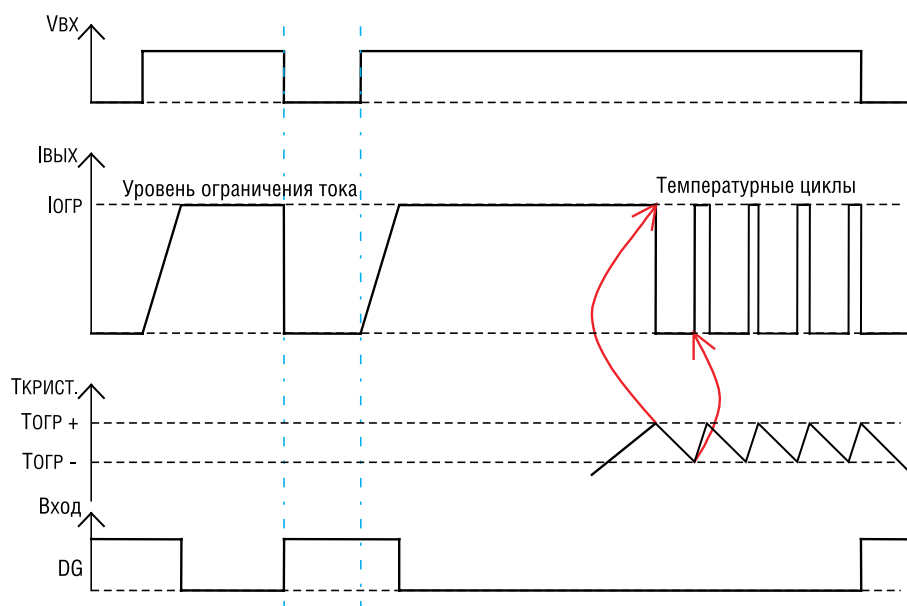


Рис. 6. Ограничение тока в циклах перегрева у ключей верхнего уровня серии IPS60xx

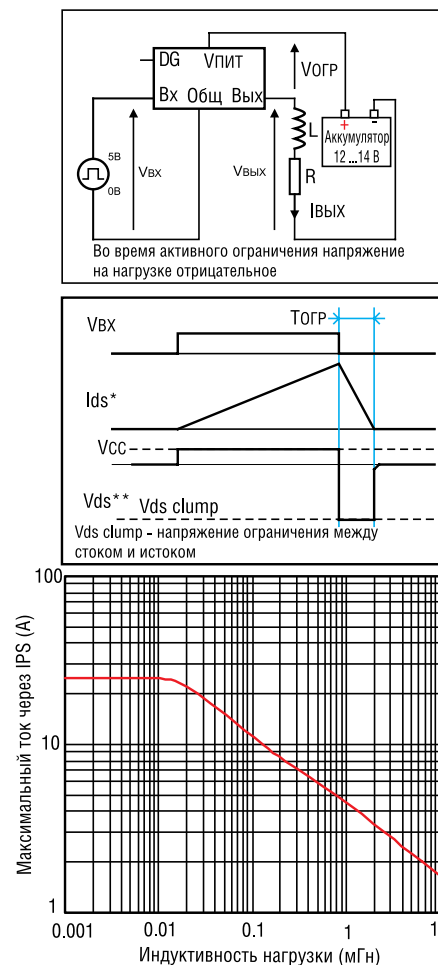


Рис. 7. Активное ограничение тока в линейном режиме работы ключа (типичные графики)

Таблица 3. Ключи верхнего уровня с программируемой отсечкой тока фирмы International Rectifier

Наименование	Корпус	Число входов	R _{си} (вкл), (мОм)	U _{вых макс} , (В)	Параметры защиты			Коэфф. ОС по току
					I _{выкл} , мин, (А)	I _{выкл} , макс, (А)	T _{выкл} , (С°)	
IR3313PBF	TO-220FL	1	7	40	10	90	165	8800
IR3316S	D2-Pak -5	1	7	40	10	90	165	8800
IR3316SPBF	D2-Pak -5	1	7	40	10	90	165	8800
IR3313S	D2-Pak -5	1	7	40	10	90	165	8800
IR3313SPBF	D2-Pak -5	1	7	40	10	90	165	8800
IR3314SPBF	D2-Pak -5	1	12	40	6	58	165	5300
IR3314PBF	TO-220FL	1	12	40	6	58	165	5300
IR3315SPBF	D2-Pak -5	1	20	40	3	30	165	2800
IR3315PBF	TO-220FL	1	20	40	3	30	165	2800

Таблица 4. Рекомендуемые производителем International Rectifier замены для IPS предыдущих поколений

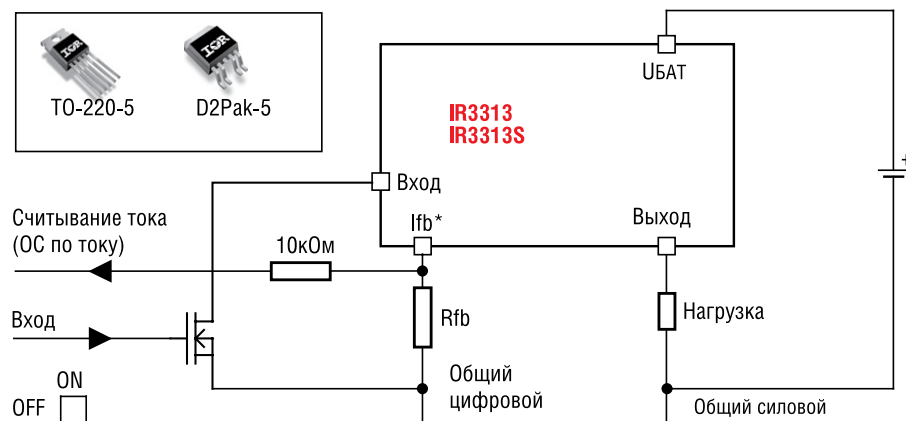
Наименование	Rdson, (мОм)	Корпус	Рекомендуемая замена*
IPS0151	25	TO-220	IPS1021
IPS0151S	25	D2Pak	IPS1021S
IPS021	150	TO-220	IPS1041
IPS021L	150	SOT-223	IPS1041L/IPS2041L
IPS021S	150	D2Pak	IPS1041S
IPS022G	2x150	SO-8	IPS1042G
IPS031	60	TO-220	IPS1031
IPS031R	60	DPak	IPS1031R
IPS031S	60	D2Pak	IPS1031S
IPS041L	500	SOT-223	IPS1051L
IPS042G	2x500	SO-8	IPS1052G
IPS511G	135	TO-220	IPS6041
IPS511G	150	SO-8	IPS6041G/IPS7091G
IPS511S	135	D2Pak	IPS6041S
IPS521	80	TO-220	IPS6031
IPS521G	100	SO-8	IPS6041G/IPS7081G
IPS521S	80	D2Pak	IPS6031S
IPS5451	25	TO-220	IPS6021
IPS5451S	25	D2Pak	IPS6021S
IPS5751	25	TO-220	IPS6021
IPS5751S	25	D2Pak	IPS6021S
IR3310	7	TO-220	IR3313
IR3310S	7	D2Pak	IR3313S
IR3311	12	TO-220	IR3314
IR3311S	12	D2Pak	IR3314S
IR3312	20	TO-220	IR3315
IR3312S	20	D2Pak	IR3315S

*Внимание! Производитель рекомендует рассматривать замены только в качестве ориентировочных! Необходимо обязательно внимательно изучать документацию (datasheets) на исходный компонент и рекомендуемую для него замену из этой таблицы

ничения при перегрузке, выбирая номинал резистора R_{fb} (fb = feedback — обратная связь), как показано на рисунке 8. При этом не требуются низкоомные прецизионные резисторы для датчика тока в выходной цепи. Ключи этого типа выпускаются в корпусах TO-220-5 и D2Pak-5. При срабатывании защиты (при перегреве или перегрузке по току) выходной транзистор выключается независимо от состояния ключа в данный момент времени. Минимальное значение тока отсечки составляет около 10 процентов от максимального уровня. Ключи также имеют активное ограничение тока, защиту от обратного включения источника питания, защиту от перегрева и от статического электричества. Структурная схема таких ключей показана на рисунке 9.

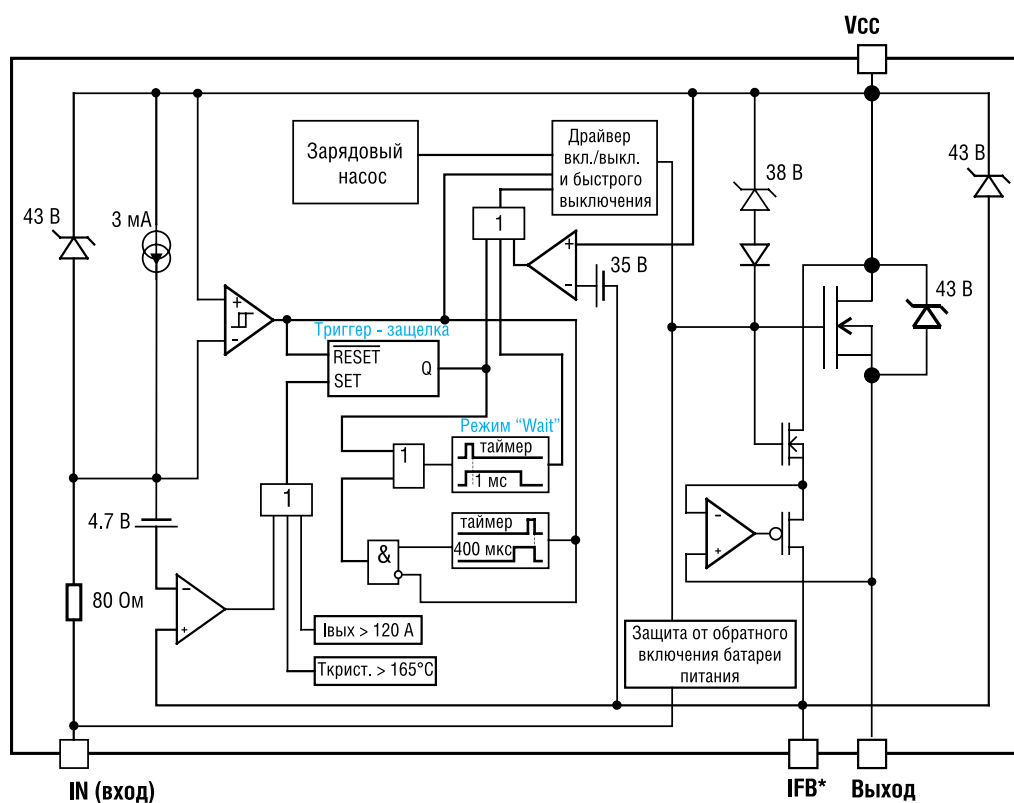
В интеллектуальных ключах с программируемой отсечкой тока реализована улучшенная функция защиты от перегрева под названием WAIT (ожидание, задержка включения). Временные диаграммы, иллюстрирующие работу функции WAIT в режиме перегрузки при длительных входных импульсах и относительно низкой частоте переключения, показаны на рисунке 10. При отсутствии функции WAIT температура кристалла может превысить максимально допустимое значение и достичь теплового пробоя (верхняя часть рисунка 10). Функция WAIT, реализованная с помощью таймера и логических элементов (рис. 9) обеспечивает задержку перезапуска ключа. Таким образом, транзистор получает дополнительное время на остывание, что исключает тепловое разрушение кристалла интеллектуального ключа.

Особенно наглядно работа функции WAIT проявляется в аварийном режиме при коротких входных импульсах и высокой частоте переключения (рис. 11). Схема WAIT обеспечивает пропуск нескольких импульсов в течение временного интервала, формируемого таймером и логическими схемами. Такая защита не исключает нарастания темпера-



*Ifb - Ifeedback - обратная связь по току (для программируемой отсечки по току)

Рис. 8. Типовая схема включения интеллектуальных ключей верхнего уровня с программируемой отсечкой тока



* IFB - Ifeedback - ОС по току (для реализации программируемой отсечки тока)

Рис. 9. Структурная схема интеллектуальных ключей с программируемой отсечкой тока

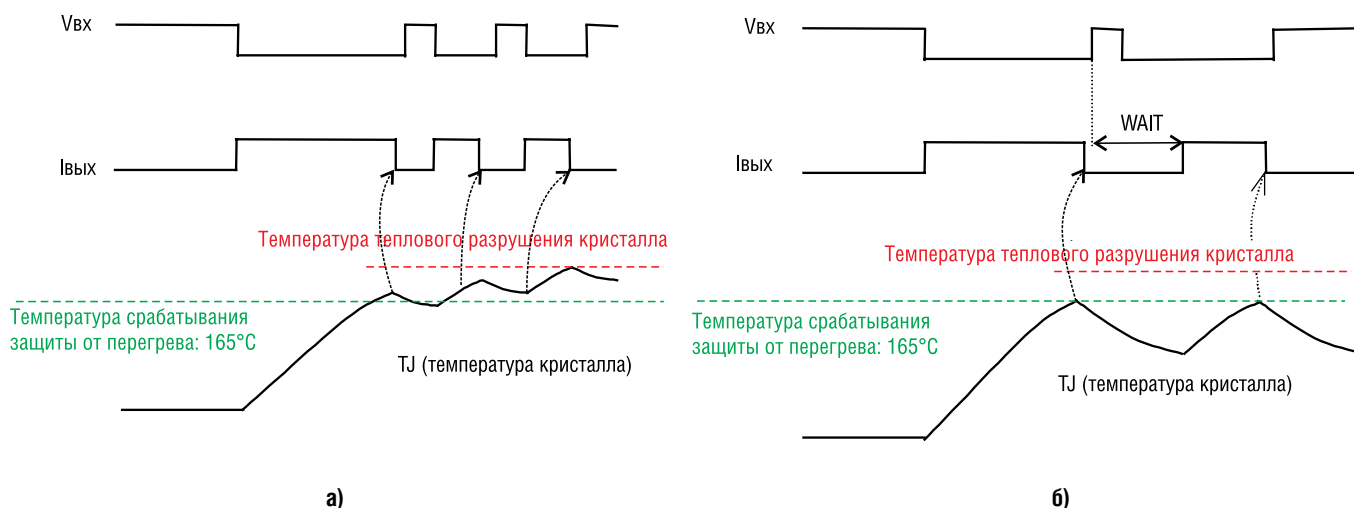


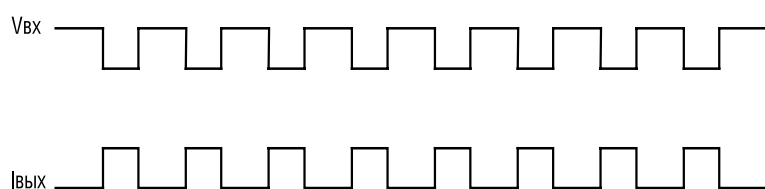
Рис. 10. Изменение температуры кристалла при длительных входных импульсах и низкой частоте переключения при отсутствии (а) и наличии (б) функции WAIT

туры кристалла до опасного значения, не допуская перегрева интеллектуального ключа.

Активное ограничение тока по функции аналогично ключам верхнего уровня без программируемой отсечки тока. Защита от статического электричества (ESD) и активная защита при аварийном обрыве нагрузки вносят свой

вклад в обеспечение высокой надежности интеллектуальных ключей с программируемой отсечкой тока. Для реализации программируемой отсечки тока в ключах этого типа введены дополнительный МОП-транзистор и операционный усилитель для считывания выходного тока. Ток ограничения определяется номиналом резисто-

ра R_{fb} и коэффициентом усиления операционного усилителя в цепи обратной связи. Ключи с программируемой отсечкой тока дают разработчику дополнительные возможности для организации максимально защищенной схемы по сравнению с остальными сериями интеллектуальных ключей. Основные параметры ключей

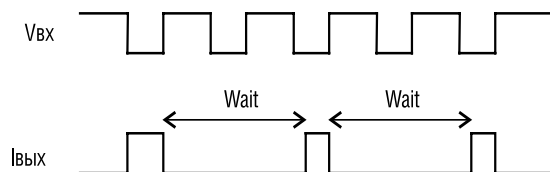


Температура теплового разрушения кристалла

Температура срабатывания защиты от перегрева: 165°C

TJ (температура кристалла)

а)



Температура теплового разрушения кристалла

Температура срабатывания защиты от перегрева: 165°C

TJ (температура кристалла)

б)

Рис. 11. Изменение температуры кристалла при коротких входных импульсах и высокой частоте переключения при отсутствии (а) и наличии (б) функции WAIT

с программируемой отсечкой тока сведены в таблицу 3.

Рекомендуемые новые замены для интеллектуальных ключей International Rectifier предыдущих поколений

Технологии производства силовых МОП-транзисторов International Rectifier постоянно совершенствуются, выпускаются новые поколения ключей для замены IPS старых поколений. Желательно

знать заранее о рекомендуемых заменах ключей предыдущих поколений, чтобы не быть застигнутыми врасплох, когда очень трудно и по высокой цене придется искать транзисторы старых серий. Переход на новые серии интеллектуальных ключей неизбежен, поэтому производитель в таблице 4 приводит рекомендуемые замены для старых серий. International Rectifier обращает особое внимание на очень важный момент: замены необходимо рассматривать только в качестве рекомендуемых. Разработчик должен обязательно убедиться на 100 процентов в том, что рекомендуемая замена полностью удовлетворяет его требованиям.

Литература

(вся информация для статьи взята с сайта International Rectifier www.irf.com):

1. Fabio Necco «Features of the Low-Side Family IPS10xx»
2. David Jacquiod, Fabio Necco «Features of the High-Side Family IPS60xx»
3. David Jacquiod «Current Sensing High-Side Switch – P3»
4. Datasheets для рассматриваемых в статье интеллектуальных ключей.

International Rectifier
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ КЛЮЧИ

Интеллектуальные ключи нижнего уровня					
Тип	Rds(on)max	Vdamp	Ток откл.	Ток откл.	Корпус
IPS1011/R/S/PBF	13мОм	36В	85А	165С	TO-220/D-Pak/D2 Pak
IPS1021/R/SPBF	25мОм	36В	45А	165С	TO-220/D-Pak/D2 Pak
IPS1031/R/S/PBF	50мОм	36В	18А	165С	TO-220/D-Pak/D2 Pak
IPS1042GPBF	100мОм	39В	6А	165С	SO-8
IPS1041R/LPBF	100мОм	39В	6А	165С	D-Pak/SOT-223
IPS2041R/LPBF	130мОм	68В	5А	165С	D-Pak/SOT-223
IPS1052GPBF	250мОм	39В	2.8А	165С	SO-8/SOT-223
IPS1051LPBF	250мОм	39В	2.8А	165С	SO-8/SOT-223

Компэл
www.compel.ru

Получение технической информации, заказ образцов, поставка —
e-mail: power.vesti@compel.ru