

№12 (76), 2009 г.

**Информационно-технический
журнал**

Учредитель — ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835**Редактор:**Геннадий Каневский
vesti@compel.ru**Выпускающий редактор:**

Светлана Шахтарина

Редакционная коллегия:Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Николай Паничкин
Александр Райхман
Борис Рудяк
Илья Фурман**Дизайн, графика, верстка:**Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков**Распространение:**

Юлия Мариненко

Электронная подписка:www.compeljournal.ru**Отпечатано:**«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.

© «Новости электроники»

Подписано в печать:

11 сентября 2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *INTERNATIONAL RECTIFIER*

- Развитие технологий транзисторов MOSFET повышает их специализацию
Дуг Расселл..... 3
- International Rectifier на новом этапе развития
Олег Стариков..... 5
- Новые N-канальные MOSFET-транзисторы в корпусах общепромышленного стандарта
Олег Стариков, Андрей Никитин 8
- Новое поколение низковольтных MOSFET-транзисторов в корпусах SO-8, PQFN и DirectFET
Константин Староверов 12
- Оптоэлектронные реле компании International Rectifier
Андрей Никитин 17
- Высокоэффективный подход к построению входных диодных мостов
Давиде Джакомини, Луиджи Чине 22

International **IR** Rectifier

В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Компоненты управления электроприводом
- Аналоговый мир STMicroelectronics
- Новые компоненты для управления электропитанием

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес vesti@compel.ru с пометкой «Тема в номер».

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

Обновив управление и продав часть бизнеса компании Vishay, ведущий мировой производитель компонентов для силовой электроники, компания **International Rectifier**, решила сконцентрироваться на нескольких основных направлениях, в первую очередь — на том, которое в свое время принесло ей мировую славу и в котором она достигла высочайшего уровня компетенции. Речь идет о **силовых транзисторах MOSFET**.

IR является технологическим лидером в этом направлении еще с 1979 года, когда компания внедрила в производство транзисторы с гексагональной топологией, так называемые HEXFET. В 1995 году последовало внедрение четырехмасочного технологического процесса, в 1999 году — планарных структур высокой плотности и trench-технологии, за которой последовали рыноч-

ные образцы новых транзисторов TrenchFET. А в последние два года компания предлагает рынку линейку MOSFET-транзисторов с эталонными техническими характеристиками “Benchmark”.

Компания International Rectifier объявила о кардинальном улучшении базовых характеристик MOSFET-транзисторов: снижении $R_{ds(on)}$ и уменьшении емкости затвора. Это означает резкое снижение потерь мощности — таков вклад IR в решение актуальной проблемы энергосбережения.

Без MOSFET-транзисторов современная силовая электроника обойтись не может. Именно поэтому еще до упомянутых изменений в жизни International Rectifier доля продаж MOSFET в общей структуре продаж компании превышала 50%. Теперь, когда руководством компании поставлена задача вводить в квартал не менее 30 новых транзисторов, и когда готовятся к

производству изделия на базе кристаллов GaN on Si, следует ожидать увеличения этой доли как минимум на 15%.

Компания КОМПЭЛ — крупнейший в России дистрибьютор продукции International Rectifier — также предвидит рост спроса на транзисторы MOSFET на отечественном рынке и поддерживает на складе широкий ассортимент этих изделий, в том числе — новинок от IR.

Как всегда, ждем ваших вопросов и предложений.

С уважением,
Геннадий Каневский

Дуг Расселл (International Rectifier)

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНЗИСТОРОВ MOSFET ПОВЫШАЕТ ИХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЮ



Новые технологии производства мощных МОП-транзисторов (MOSFET), разработанные компанией International Rectifier, привели к тому, что разработчик электроники может теперь выбрать изделие, наилучшим образом подходящее для конкретного типа применения. О тенденциях развития MOSFET, их оптимальном выборе и допустимых компромиссах рассказывает вице-президент и руководитель группы разработки устройств управления питанием компании International Rectifier Дуг Расселл.



Мощные МОП-транзисторы (MOSFET) появились в конце 1970 годов и сейчас широко применяются в различных устройствах: от источников питания до вычислительных платформ, в оборудовании с аккумуляторным питанием и питанием от солнечных батарей, в приводах промышленных электродвигателей, автоматизированных системах и бытовой аппаратуре. Однако это не означает, что темп технического развития замедляется. Фактически происходит обратное, так как разработчики приложений, использующие подобные устройства, оказывают все большее давление на производителей с целью достижения максимальной эффективности и больших функциональных возможностей при минимальных размерах и минимальной стоимости.

В то же время многие новые варианты применения МОП-транзисторов требуют высокой эффективности при эксплуатации в жестких атмосферных условиях в соответствии с более чем жесткими критериями эффективности

и законодательными, экологическими и экономическими требованиями, связанными с энергопотреблением.

Мощные МОП-транзисторы используются довольно часто и являются типичными в большинстве случаев применения, в то время как критерии, относящиеся к эффективности, размерам и стоимости, носят индивидуальный характер. Это значит, что производители МОП-транзисторов все чаще создают устройства, ориентированные на конкретные области применения. Теперь можно, например, выбрать МОП-транзисторы из ассортимента, который предназначен для применения только в понижающих DC/DC-преобразователях, или только в устройствах синхронного выпрямления, или — в средствах автоматизации, в приводах двигателей постоянного тока и так далее.

Независимо от области применения, ключевые тенденции разработки

МОП-транзисторов создавать оптимизированные устройства, используемые в конкретных областях. В разработке полупроводников преобладает усовершенствованная технология формирования канавок (трэнч-технология), тогда как последние разработки в области корпусирования направлены на создание таких SMT-корпусов, как Super SO-8, которые по эффективности не уступают корпусам для монтажа в отверстия.

В процессе разработки технологий учитывается одна из наиболее заметных тенденций, а именно дальнейшее повышение удельной мощности. Возможность работать с повышенными токами в корпусе того же размера или с теми же токами в корпусе меньшего размера может в большой степени способствовать экономии места и стоимости. Например, в последние месяцы начато производство МОП-транзисторов с повышенными (до 60%) номинальными значениями токов на единицу площади, что при корпусе TO220 дает значения тока до 195 А. Однако следует учесть тот факт, что уменьшение размеров кристаллов и компактные корпуса, обеспечивающие повышение удельной мощности, также оказывают влияние на факторы устойчивой работы устройства. Поэтому производители продолжают искать пути оптимизации баланса устойчивой работы и удельной мощности в зависимости от требований

Теперь можно, например, выбрать МОП-транзисторы из ассортимента, который предназначен для применения только в понижающих DC/DC-преобразователях, или только в устройствах синхронного выпрямления, или — в средствах автоматизации, в приводах двигателей постоянного тока и так далее.

сосредоточены на преимуществах, которые обеспечиваются прогрессом в двух основных областях: производстве полупроводниковых подложек и корпусировании. В обоих направлениях ведется достаточно серьезная работа, что позволяет производителям мощных

конкретного применения. Также очень важно то, как производитель определяет факторы устойчивой работы, например, лавинный пробой. В компании International Rectifier проводится тестирование на пробой трех контактов, направленное на обеспечение надеж-

ности и повышение качества готовой продукции. Контакт 1: Стандартное тестирование качества (EAR) при 25 и 150°C. Контакт 2: Переключение индуктивной нагрузки без защелкивания (UIS). Контакт 3: Тестирование EAR также при 25 и 150°C. В результате все МОП-транзисторы IR проходят тестирование на пробой в процессе производства. Не все производители могут гарантировать такой уровень тестирования продукции.

Во многих случаях снижение сопротивления ($R_{DS(ON)}$), которое приводит к снижению потерь на теплопроводность и повышению теплового КПД (а также способствует повышению удельной мощности), остается одной из самых актуальных тем, особенно для проектов с применением токов высоких значений. Несмотря на достаточно зрелый характер рынка силовых МОП-транзисторов, развитие производственных технологий, включая trench-технологию, которая используется чаще, чем планарная, позволяет производителям реализовать двукратное уменьшение сопротивления $R_{DS(ON)}$ на единицу площади. Однако в данном случае также следует соблюдать баланс. Необходимо учесть тот факт, что суммарные потери включают как потери на теплопроводность, так и потери на переключение, причем сниже-

ние одних приводит к увеличению других. При значениях напряжения среднего диапазона (40...300 В) потери на переключение зависят от емкости затвора и поведения диодов обратного восстановления. В тех случаях, когда речь идет о создании МОП-транзисторов для приводов электрических двигателей и импульсных источников питания, усилия разработчиков направлены именно на эти области.

Говоря о переключении, необходимо упомянуть о важности мощных МОП-транзисторов с драйверами логических уровней, которые соответствуют требованиям скоростного включения и выключения многих современных решений. В настоящее время на рынке представлены, например, мощные МОП-транзисторы с напряжением 40 В в корпусе D2PAK, сочетающие в себе функциональность драйвера затвора логического уровня со значениями тока свыше 240 А и типовыми значениями заряда затвора, составляющими всего 108 нКл. Такие устройства, питание которых осуществляется от микроконтроллера или маломощного аккумулятора для обеспечения повышенной эффективности в режиме малых нагрузок, идеально подходят для управления DC/DC-преобразованием и приводами электродвигателей постоянного тока. 

IR анонсировал новый Large Can DirectFET® MOSFET IRF6718

Компания **International Rectifier** анонсировала новый DirectFET® MOSFET **IRF6718** с самым низким сопротивлением открытого канала $R_{DS(on)}$. Новое 25-вольтовое устройство оптимизировано для таких применений как DC-переключатели типа:

- активный O-Ring (силовая схема ИЛИ соединения источников питания),
- Hot Swap (горячая замена без отключения электропитания и прекращения работы),
- E-Fuse (электронный предохранитель).

Особенностью **IRF6718** является корпусирование кристалла кремния по технологии последнего поколения в новом большом корпусе Large Can DirectFET.

Данная технология позволила получить чрезвычайно низкое значение сопротивления открытого канала $R_{DS(on)}$ — 0,5 мОм (типичное значение при напряжении 10 В) и уменьшить на 60% место на печатной плате и на 85% высоту корпуса по сравнению с D2PAK.

Новая технология корпусирования кристалла позволяет изготавливать DirectFET-транзисторы со значительным уменьшением потери проводимости, ввиду того, что отсутствует разварка кристалла и нет пластмассового корпуса, достигается максимальное соотношение «площадь кристалла» / «площадь корпуса» и значительно улучшается тепловая эффективность всей системы.

IRF6718 — первое устройство International Rectifier выполненное в большом корпусе Large Can DirectFET со значительно сниженным значением $R_{DS(on)}$ по сравнению с устройствами других производителей, позволяющим обеспечить превосходную тепловую рабочую эффективность и высокую плотность DC/DC-устройств с сокращением места на печатной плате.

IRF6718 имеет улучшенную область безопасной работы (SOA — Safe Operating Area) с возможностью Hot Swap и E-Fuse. Устройство соответствует нормам RoHS.

БИЗНЕС-ГРУППА КОМПЗЛ
ПО ПРОДУКЦИИ
INTERNATIONAL RECTIFIER

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО
INTERNATIONAL RECTIFIER
В РОССИИ



Олег Стариков —
бренд менеджер



Людмила Горева —
менеджер по продукции



Борис Омаров —
руководитель представительства



Владимир Башкиров —
инженер по применению

Олег Стариков (КОМПЭЛ)

INTERNATIONAL RECTIFIER НА НОВОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ



В данном обзоре кратко освещены изменения, произошедшие в компании International Rectifier за последние два года и определены фокусные направления в группах продуктов. Особое внимание компания уделяет созданию высокотехнологичных продуктов и решений, в частности развитию MOSFETs с эталонными характеристиками.

Компания International Rectifier известна во всем мире как общепризнанный разработчик и производитель силовых электронных компонентов. Номенклатура изделий International Rectifier стала де-факто стандартом силовой электроники и широко используется независимыми производителями.

После продажи своего подразделения «Силовые приборы и системы» с оборотом \$250 млн., в которое входили продукты, выполненные по морально устаревшим на сегодняшний день технологиям, компания International Rectifier усилила свои позиции, сфокусировавшись на создании инновационных высокотехнологичных продуктов и решений. В частности, — на создании новых MOSFET с эталонными характеристиками (Benchmark) в своем классе.

С первого марта 2008 г. президентом и CEO-компания International Rectifier стал выходец из России Олег Хайкин, один из ведущих специалистов по корпусированию и сборке полупроводниковых приборов. В результате усиления «русского элемента» (основатель International Rectifier — Эрик Лидов, выходец с территории бывшей Российской Империи) произошли следующие изменения:

- Развитие номенклатуры MOSFETs поставлено на первое место;
- Перед компанией поставлена задача — вводить не менее 30 новых транзисторов в квартал;
- Компания International Rectifier завершила разработку и объявила готовность к серийному производству с конца 2009 г. транзисторов на базе революционной платформы GaN On Si с перспективой значительного снижения сопротивления открытого канала Rds(on) и уменьшения потерь мощности;

- Произведен пересмотр ценовой политики — снижены цены на большую часть продуктов;

- Введен обновляемый Cross Reference;

- Представлены новые MOSFET, способные заменить порядка тридцати различных типоминималов конкурентов и большое число аналогичных приборов предыдущих поколений IR.

Резюмируя вышесказанное, необходимо отметить, что сегодня компания International Rectifier, освободившись от «груза» устаревших технологий и продуктов, сфокусировалась на развитии инновационных технологий и создании новых, высокотехнологичных продуктов.

Так, на сегодняшний день новые IR MOSFET имеют эталонные характеристики (Benchmark) в своем классе приборов до 250 В, показывая лучшее в отрасли соотношение цена / качество. Недавно компания International Rectifier представила рынку новые MOSFETs, выполненные по новейшей Trench-технологии кристалла с ультранизким удельным сопротивлением канала ячейки. В результате этого снизилось сопротивление открытого канала RDS(on) до 2,5 раз по сравнению с предыдущим поколением. В Таблице 1 в качестве примера приведены характеристики нескольких типоминималов данного класса MOSFETs International Rectifier.

Высокие динамические характеристики и низкая мощность управления данных приборов в совокупности с низким сопротивлением открытого канала позволяют значительно уменьшить площадь теплоотвода и размеры проектируемого устройства в целом, а также получить большую выходную мощность устройства в пределах уже существующих габаритов.

Новые IR MOSFET в диапазоне напряжений 20...250 В выполнены в корпусах следующих видов: PQFN 5x6, SO-8, D-PAK, D²PAK, D²PAK-7, TO-220, TO-247, DirectFET.

Особенностями новых MOSFET, выполненных по технологии корпусирования кристалла DirectFET, являются максимальное соотношение «площадь кристалла»/«площадь корпуса» при высоте корпуса 0,7 мм и отсутствие «разварки» кристалла. Это способствует получению ультранизкого электрического сопротивления выводов корпуса и высокой тепловой эффективности приборов, то есть высокой рассеивающей способности корпуса, а также получению самой низкой среди указанных корпусов паразитной индуктивности.

Транзисторы в корпусе DirectFET предназначены в первую очередь для применения в блоках питания низкопрофильных электронных систем, а кроме того — для применения в высококачественных аудиоусилителях, в инверторах солнечных батарей, в приводах с батарейным питанием.

Более подробно с перечнем новых IR MOSFET с эталонными характеристиками можно ознакомиться на интернет-странице: http://compel.ru/images/producers/4/NEW_MOSFET_EU_V1.pdf.

Среди применений, для которых были разработаны новые IR MOSFET, можно выделить телекоммуникационные и промышленные импульсные источники питания, источники бесперебойного питания, DC/DC-преобразователи, промышленный тяговый привод постоянного тока с батарейным питанием 12...80 В, инверторы солнечных батарей, привод электроинструмента, силовая автоэлектроника.

Говоря о других традиционных продуктах International Rectifier, необходимо выделить 600-вольтовые Trench IGBT для высокоэффективных UPS и инверторов источников питания, а также 1200-вольтовые Trench IGBT, рекомендуемые для таких применений, как промышленный электропривод, индукционный нагрев, сварочные агрегаты, инверторы солнечных батарей.

Таблица 1. Характеристики нескольких типонаминов новых IR MOSFET

Наименование	Канал	Vds, В	Rds(on), мОм	Qg, нК	Id (T=25°C), А	Корпус
IRFP4004PBF	N	40	1,7	220	195	TO-247AC
IRFP4368PBF	N	75	1.85	380	195	TO-247AC
IRFP4468PBF	N	100	2,6	360	195	TO-247AC
IRFP4568PBF	N	150	5,9	151	171	TO-247AC
IRFP4668PBF	N	200	9,7	161	130	TO-247AC

На основе инновационных технологий применяемых в разработке кристаллов IGBT и корпусировании, компанией International Rectifier выпущены на рынок новые интеллектуальные силовые IGBT-модули серии IRAMxx, предназначенные для использования в промышленном электроприводе и приводе бытовой техники мощностью до нескольких киловатт. Данный класс устройств также популярен при производстве привода небольшой мощности.

Компанией International Rectifier разработаны и выпускаются:

- микросхемы нового поколения, предназначенные для управления энергосберегающими источниками света,
- силовые ИМС для электронных балластов люминесцентных ламп и ламп высокого давления,
- микросхемы драйверов IGBT и MOSFET, включая высоковольт-

ные микросхемы HVIC (High-Voltage Integration Circuit),

- продукты на базе интегрированной платформы IMotion и цифровые контроллеры для управления электроприводом,
- продукты платформы SupIRBuck, микроэлектронные твердотельные реле.

На сайте <http://compel.ru/producers/ir/step> размещен «Навигатор по MOSFET для новых разработок», обновляемый «Cross Reference по MOSFET», и информация о других группах продуктов International Rectifier, включая навигаторы по IGBT, HVIC и интеллектуальным ключам. 

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

International Rectifier на новом этапе развития

Компания **International Rectifier** определила фокусные сектора и группы продуктов.

Определены фокусные сектора и группы продуктов

- Развитие номенклатуры MOSFETs поставлено на первое место;
- Задача – вводить не менее 30 новых транзисторов в квартал;
- IR завершила разработку и объявила готовность к серийному производству с конца 2009 г. транзисторов на базе революционной платформы GaN On Si с перспективой значительного снижения Rds(on) и потерь мощности;
- Пересмотр ценовой политики – снижение цен на большую часть продуктов;
- Обновляемый Cross Reference;
- Новые IR MOSFETs способны заменить порядка 30-ти различных типонаминов конкурентов и большое число аналогичных приборов предыдущих поколений IR.

International
IR Rectifier

Новые HEXFET с ультранизким сопротивлением канала

Rds (on) макс. – от 1,7 до 9,7 мОм

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Синхронные выпрямители с напряжением питания до 80 В
- Мощные инверторы постоянного и переменного тока
- Источники бесперебойного питания (UPS)
- Силовые O'Ring узлы
- Привод электроинструмента
- Промышленный привод постоянного тока с батарейным питанием от 12 до 80 В
- Силовая автоэлектроника – мощные DC/DC-преобразователи для сетей 14 В/42 В, инверторы стартер-генераторов и электромеханических усилителей руля
- Инверторы солнечных батарей

R_{DS(on)}

IRFP4004PBF
IRFP4368PBF
IRFP4468PBF
IRFP4568PBF
IRFP4668PBF

BENCHMARK

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

 **Компэл**
www.compel.ru

Продукция International Rectifier

Применение Функциональная группа	Телекоммуникационные источники питания	Промышленные источники питания, сварочные аппараты	Источники питания для компьютерной техники	Телеком	Промавтоматика	Электронные балласты люминесцентных, галогеновых, натриевых, ксеноновых ламп и сверхярких светодиодов	Аудиоусилители	Автоэлектроника	Промышленный привод	Привод бытовой техники	Высоконадежные применения (аэрокосмические приложения, связь, атомная техника)
ИС высоковольтных драйверов	●	●			●		●		●	●	●
Контроллеры электронных балластов						●					
Контроллеры аудиоусилителей							●				
Контроллеры корректоров коэффициента мощности	●	●	●		●	●			●	●	
ORing-контроллеры	●		●								
Контроллеры синхронных выпрямителей	●		●		●			●			
Контроллеры конверторов шины	●										
Твердотельные реле	●			●	●				●	●	
ШИМ-контроллеры	●	●	●		●	●		●			
Интеллектуальные силовые ключи				●	●			●			
Цифровые ИС управления со смешанной логикой									●	●	
MOSFET	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
IGBT	●	●	●			●			●	●	
Силовые интеллектуальные модули		●							●	●	
Приборы HiRel											●

Олег Стариков (КОМПЭЛ), Андрей Никитин

НОВЫЕ N-КАНАЛЬНЫЕ MOSFET-ТРАНЗИСТОРЫ В КОРПУСАХ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО СТАНДАРТА

Компания **International Rectifier (IR)** является признанным мировым лидером в разработке и производстве **MOSFET-транзисторов**. Отличительной особенностью MOSFET-транзисторов последних лет является сочетание ультранизкого сопротивления открытого канала и высокие динамические характеристики. В статье рассматриваются новые изделия,полнившие линейку **N-канальных MOSFET** в последнее время.

Выпускаемые в течение последних лет MOSFET-транзисторы в корпусах с высокой тепловой эффективностью DirectFET [1], [2] являются визитной карточкой компании IR, подтверждающей ее лидерство в этом сегменте рынка силовой электроники. Отдавая должное безусловной перспективности этой технологии, необходимо отметить, что новые изделия силовой электроники, выпущенные в традиционных стандартных корпусах (как для поверхностного, так и для выводного монтажа), также будут востребованы рынком на протяжении длительного времени.

Технология TrenchFET полевых транзисторов нового поколения

Традиционно мощные MOSFET-транзисторы выпускались по так называемой планарной технологии. Начиная с 2000-х годов компания International Rectifier предлагает на рынок транзисторы, изготовленные по новой, траншейной (Trench) технологии. Не углубляясь в тонкости микроэлектроники, отметим основное различие — затвор

TrenchFET-транзистора выполнен не в виде наложения на пластину, а в виде канавки или траншеи, что иллюстрируется рисунком 1.

Это позволяет, с одной стороны, добиться более высокой плотности размещения элементов, с другой — снизить сопротивление открытого канала $R_{DS(ON)}$ и уменьшить значение заряда затвора Q_G .

Кристалл силового MOSFET-транзистора характеризуется двумя обобщенными показателями качества:

1. Удельное сопротивление канала R_{xAA} (произведение сопротивления открытого канала на площадь активной зоны ячейки). Он характеризует компактность и цену кристалла.

2. Комплексный показатель потерь R_{xQG} (произведение сопротивления открытого канала на заряд затвора). Показатель учитывает уровень потерь проводимости и потерь переключения.

Динамика изменения этих параметров на примере 30-вольтовых MOSFET-транзисторов IR представлена на рисунке 2 (индексы 4,5 обозначают, что значение сопротивления открытого

канала дано для управляющего напряжения на затворе $V_{GS} = 4,5 \text{ В}$).

Benchmark MOSFET-транзисторы компании International Rectifier

Чтобы не запутаться в иностранных терминах, уточним, что TrenchFET — это технология, по которой выполнен транзистор, а упомянутая выше DirectFET — технология корпусирования. Одно не мешает другому.

Benchmark MOSFET — это не некая новая технология, а своего рода «знак качества». То есть отнесение изделия к этой категории говорит о том, что по своим параметрам оно соответствует лучшим изделиям в отрасли и является «эталонным в своем классе».

Для чего это нужно? В настоящий момент IR выпускает более 170 N-канальных транзисторов со статусом Active (стадия активного действующего производства) только в корпусе TO-220AB (не считая снимаемых с производства и тех, которые не рекомендованы к применению в новых разработках). Одних только 100-вольтовых транзисторов — почти 30 наименований. Оптимальный выбор требуемой модели становится для разработчика проблемой. В этом смысле индекс Benchmark MOSFET — подсказка, что данное изделие по совокупности показателей является предпочтительным.

Выбор MOSFET-транзистора обычно проводят по следующим основным показателям:

1. Пробивное напряжение V_{BRD} — максимальное напряжение между выводами стока и истока при закрытом состоянии транзистора.

2. Ток стока I_D — максимальное значение тока, протекающее по каналу «исток-сток» при открытом состоянии транзистора. Обращаем внимание: значение зависит от температуры кристалла, поэтому в спецификациях (datasheet) указываются не только значения для нескольких точек (обычно 25 и 100°C), но и приводится график зависимости.

3. Сопротивление открытого канала «исток-сток» $R_{DS(ON)}$. Опять же обращаем внимание: параметр зависит от величин

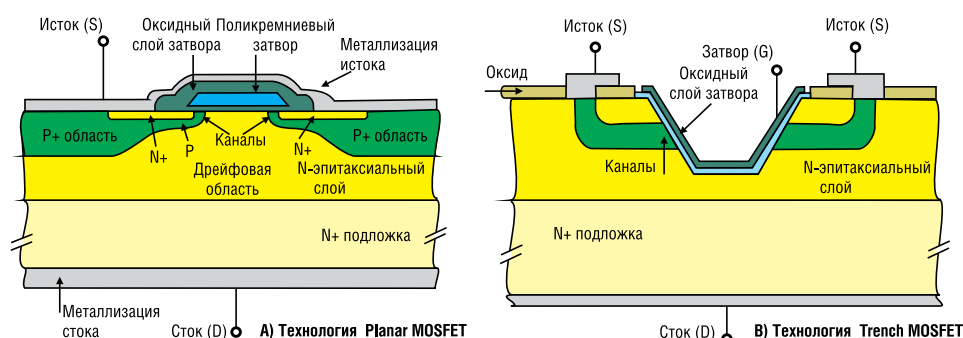


Рис. 1. Структура N-канальных MOSFET-транзисторов, выполненных по планарной и Trench-технологиям

Таблица 1. Линейка 30-вольтовых N-канальных MOSFET-транзисторов компании IR

Модель	V_{BRD} , max, В	V_{GS} , max, В	$R_{DS(ON)}$, max, мОм	I_D , А	Q_G , typ, нК	RxQ , мОм x нК
IRL2703	30	16	40,0	24	10,0	400
IRL3303	30	16	26,0	34	17,3	450
IRL3103	30	16	12,0	56	22,0	264
IRF3707Z	30	16	9,5	59	9,7	92
IRLB8721	30	20	8,7	62	7,6	66
IRF3707	30	20	12,5	62	19,0	238
IRF3708	30	12	12,0	62	24,0	288
IRF3709Z	30	20	6,3	87	17,0	107
IRF3709	30	20	9,0	90	27,0	243
IRLB8748	30	20	4,8	92	15,0	72
IRL2203N	30	16	7,0	100	40,0	280
IRL8113	30	20	6,0	105	23,0	138
IRL3803	30	16	6,0	120	93,3	560
IRL3803V	30	16	5,5	140	50,7	279
IRLB8743	30	20	3,2	150	36,0	115
IRL7833	30	20	3,8	150	38,0	144
IRL3713	30	20	3,0	200	75,0	225
IRF3703	30	20	2,8	210	209,0	585
IRF1503	30	20	3,3	240	130,0	429
IRLB3813	30	20	2,0	260	57,0	111
IRF2903Z	30	20	2,4	260	160,0	384

ны управляющего напряжения «затвор-сток» V_{GS} . Как правило, максимальное значение этого напряжения лежит в пределах 12...20 В. Но пороговое напряжение, при котором через канал начинает протекать ток, будет ниже (1,5...4 В). В спецификациях даются, как правило, значения для точек 4,5 и 10 В.

4. Заряд затвора Q_G . Характеризует величину входной емкости транзистора (то есть, сумму паразитных емкостей «затвор-сток» и «затвор-исток» $C_{GD} + C_{GS}$), напрямую влияющей на время включения-выключения транзистора.

5. Цена.

Первые два параметра являются, по сути, начальными условиями выбора и вытекают из требований технического задания на узел. Зная требования схемы и заложив разумный запас, разработчик определяет допустимый диапазон этих значений и, как следствие, список изделий, допустимых для применения в его разработке.

Остальные три параметра — атрибуты конкретного изделия. Значение сопротивления открытого канала непосредственно связано с теплом, которое будет рассеиваться на приборе. Отсюда — наличие или отсутствие радиатора, сложные или простые механизмы отвода тепла, большие или малые габариты и, как следствие, высокая или низкая цена конечного прибора.

Значение заряда затвора определяют динамические характеристики узла, то есть максимально возможную частоту коммутации нагрузки. Для каких-то приложений это может быть не очень критично. Но, например, для импульсных источников питания — весьма важно. Кроме того, длительные пере-

ходные процессы увеличивают энергопотребление и, следовательно, выделяемое тепло.

Вывод: минимизация комплексного показателя потерь $R_{DS(ON)} Q_G$ — необходимое условие правильного выбора. И цена не должна быть выше.

Компания International Rectifier не только позиционирует изделия из категории «эталонных» как оптимальное решение для новых разработок, но и рекомендует их в качестве прямой замены ранее выпущенным изделиям, как собственным (не обязательно снимаемым с производства), так и изделиям других производителей. Здесь необходимы пояснения. Под «прямой заменой» разработчики привыкли понимать изделие,

идентичное заданному по электрическим, механическим и климатическим параметрам. То есть, прямой аналог. Возникает вопрос: откуда прямой аналог новому изделию с «лучшими в своем классе» параметрами? В нашем случае под «прямой заменой» надо понимать следующее: изделие из категории «эталонных» может быть использовано вместо применяемых ранее без корректировки схемы и изменения конструкции. То есть, замена не повлияет на «электрические» режимы работы схемы, и при этом выделяемое тепло будет меньше, а динамические характеристики — не хуже.

В материалах компании IR [3] представлена номенклатура «эталонных»

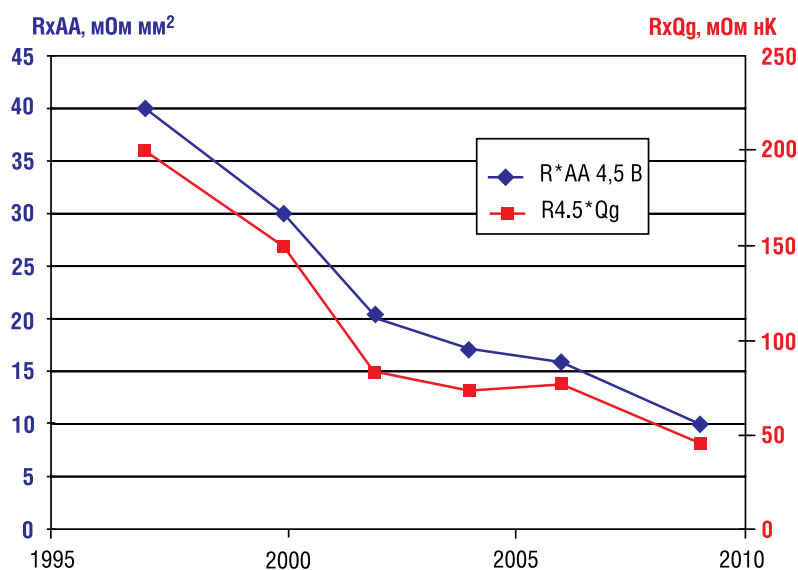


Рис. 2. Эволюция показателей качества 30-вольтовых N-канальных MOSFET-транзисторов компании IR

Таблица 2. Линейка 150- и 200-вольтовых MOSFET-транзисторов (корпус TO-220AB)

Модель	V_{BRD} , max, В	V_{GS} , max, В	$R_{DS(ON)}$, max, мОм	I_D , А	Q_G , typ, нК	R_{xQ} , мОм x нК
IRL3215	150	16	166	12	21	3436
IRFB4019	150	20	95	17	13	1235
IRF3315	150	20	70	21	63	4431
IRFB23N15D	150	30	90	23	37	3330
IRFB33N15D	150	30	56	33	60	3360
IRFB4615	150	20	39	35	26	1014
IRFB5615	150	20	39	35	26	1014
IRFB41N15D	150	30	45	41	72	3240
IRF3415	150	20	42	43	133	5599
IRFB52N15D	150	30	32	60	60	1920
IRFB61N15D	150	30	32	60	95	3040
IRFB4321	150	30	15	83	71	1065
IRFB4115	150	20	11	104	77	847
IRF630N	200	20	300	9	23	6990
IRFB17N20D	200	30	170	16	33	5610
IRFB4103	200	30	165	17	25	4125
IRFB4020	200	20	100	18	18	1800
IRF640N	200	20	150	18	45	6705
IRFB23N20D	200	30	100	24	57	5700
IRFB4620	200	20	73	25	25	1813
IRFB5620	200	20	73	25	25	1813
IRFB31N20D	200	30	82	31	70	5740
IRFB42N20D	200	30	55	43	91	5005
IRFB38N20D	200	30	54	44	60	3240
IRFB260N	200	20	40	56	150	6000
IRFB4227	200	30	26	65	70	1820
IRFB4127	200	20	20	76	100	2000

Benchmark MOSFET-транзисторов компании IR.

Перейдем к рассмотрению новинок.

Серия «эталонных» 30-вольтовых MOSFET-транзисторов для промышленных приложений

В августе 2009 года компания International Rectifier объявила о выпуске четырех новых 30-вольтовых MOSFET-транзисторов для промышленных приложений в корпусе TO-220AB: IRLB8721*, IRLB8743, IRLB8748 и IRLB3813. Транзисторы относятся к самому новому поколению приборов IR, выполненных по Trench-технологии. Изделия ориентированы для применения в источниках бесперебойного питания, инверторах, низковольтных электроприборах, ORing-приложениях. Крайне низкие значения заряда затвора позволяют новым устройствам увеличить срок автономной работы от батареи в источниках бесперебойного питания или электроприборах. Компания IR утверждает, что новые MOSFET-транзисторы являются прямыми заменами или обновлениями существующих 30-вольтовых устройств в корпусе TO-

* Здесь и далее суффикс PBF (например, IRLB8721PBF), указывающий на «бессвинцовые технологии», опущен.

220AB. Рассмотрим линейку 30-вольтовых N-канальных транзисторов (технические характеристики приведены в таблице 1) и сравним параметры новых и ранее выпущенных приборов.

Мы видим что, четверка новых приборов дифференцирована по величине коммутируемого тока: до 60, 90, 150 и 260 А, что позволяет производителю вы-

раза по сравнению с остальными приборами. Что касается цены: IRLB8721 дешевле в 2,2...2,5** раза.

Транзисторы с коммутируемым током до 90 А в линейке IR были представлены изделиями IRF3709Z и IRF3709. Среди новых приборов им соответствует IRLB8748. Значение комплексного показателя потерь снижено в 1,5 и 3,4

В настоящий момент **IR** выпускает более 170 N-канальных активных транзисторов только в корпусе TO-220AB (не считая снимаемых с производства и тех, которые не рекомендованы к применению в новых разработках). Одних только 100-вольтовых транзисторов – почти 30 наименований. Оптимальный выбор требуемой модели становится для разработчика проблемой. В этом смысле индекс **Benchmark MOSFET** – подсказка, что данное изделие по совокупности показателей является предпочтительным.

брать оптимальный для своего изделия прибор.

Транзистор IRLB8721 может рассматриваться в качестве замены следующих изделий: IRL3103, IRL3707, IRL3707Z и IRL3708. Мы видим, что новый прибор имеет лучшие значения как по сопротивлению открытого канала, так и по заряду затвора. Комплексный показатель потерь улучшен на 30% по сравнению с IRL3707Z и снижен в 3,5...4

раза, соответственно. Цена – в 2,3 и 2,6 раза.

Среди изделий с коммутируемым током до 150 А новый транзистор

** При сравнении цен использованы данные, которые на момент подготовки статьи были открыто размещены на официальном сайте компании производителя www.irf.com.

IRLB8743 может заменить IRL3803V и IRL7833. Комплексный показатель потерь снижен в 1,2 и 2,4 раза, а цена — в 2,2 и 2,6 раза, соответственно.

И наконец, среди изделий с током до 260 А сравним IRLB3813 с IRF1503 и IRF2903Z. Комплексный показатель потерь снижен в 3,9 и 3,5 раза, а цена — в 1,8 и 2,3 раза, соответственно.

Новые «эталонные» 150- и 200-вольтовые MOSFET-транзисторы

Также в августе 2009 года компания International Rectifier анонсировала новые 150- и 200-вольтовые MOSFET-транзисторы: IRx4615 и IRx4620, соответственно. Транзисторы выпускаются в корпусе D2-Pak для поверхностного монтажа (префикс IRFS) и корпусах для пайки в отверстие TO-220AB и TO-262 (префиксы IRFB и IRFSB, соответственно). Они коммутируют ток до 35 и 25 А, характеризуются крайним низким значением заряда затвора и предназначены для промышленных приложений, таких как импульсные источники питания, источники бесперебойного питания, инверторы, приводы двигателей постоянного тока.

Кроме того, International Rectifier выпустила транзисторы IRx5615 и IRx5620, основные параметры которых аналогичны IRx4615 и IRx4620. Транзисторы IRx56xx специально разработаны для приложений цифрового звуковоспроизведения, в частности, для усилителей звуковой частоты класса D. Их параметры оптимизированы с целью повышения КПД усилителя, снижения уровня электромагнитных помех и нелинейных искажений.

Рассмотрим линейки 150- и 200-вольтовых транзисторов IR (технические характеристики которых приведены в таблице 2) и сравним параметры новых и ранее выпущенных приборов.

Анализ таблицы показывает, что новые приборы IRFB4615 и IRFB5615 могут быть предложены в качестве замены таким изделиям, как IRFB33N15D и IRFB41N15D, а IRFB4620 и IRFB5620 — для замены транзистора IRFB23N20D. Однако отметим, что максимально допустимое значение управляющего напряжения V_{GS} у новых приборов равно 20 В (вместо 30 В у ранее выпускавшихся). Следовательно, анализ электрической схемы все же необходимо провести. Вывод: комплексный показатель потерь снижен в три и более раз. Цена IRFB46xx незначительно, но — ниже, чем у предыдущих изделий. Для IRFB56xx экономия составляет 30...40%.

Небольшое отступление от темы

Возникает вполне разумный вопрос. Если новые изделия имеют лучшие параметры и дешевле, то в чем смысл тех

изделия, с которыми мы их сравнивали? Какова их ниша?

Заметим, эти изделия были разработаны пять и более лет назад и их характеристики соответствовали тому моменту времени. Кроме того, компания IR проводит политику фокусирования усилий на тех направлениях, где она имеет преимущества перед другими производителями компонентов силовой электроники. Именно массированное внедрение технологии TrenchFET в новых изделиях позволило скачкообразно улучшить технические характеристики и снизить себестоимость.

Что касается ниши ранее разработанных транзисторов, необходимо определить, идет ли речь о новых разработках или о прямой замене на Benchmark MOSFET в серийно выпускаемых потребителем изделиях.

Причин использовать ранее выпущенные транзисторы в новых разработках, вероятно, нет, кроме каких-то очень специфичных изделий и очень специфичных параметров.

Что касается прямой замены, для серьезного конечного производителя это связано, как минимум, с корректировкой конструкторской документации. Если заменяемая позиция в изделии не является ценообразующей, то овчинка может не стоить выделки. Для ответственных применений (военная техника и не только) подобная замена может повлечь за собой проведение повторных испытаний, подтверждающих выполнение требований технического задания, или подтверждение тактико-технических характеристик. А это — затраты, и серьезные. Собственно, в этом и заключается ответ на вопрос о нише «ранних» изделий.

Вывод: целесообразность применения «эталонных» изделий в новых разработках сомнения не вызывает. Возможность использования их прямой замены не вызывает сомнений с технической точки зрения, но требует вдумчивого анализа с точки зрения финансовой.

Заключение

В линейке MOSFET-транзисторов International Rectifier выделена категория Benchmark MOSFET — «изделия с эталонными в своем классе параметрами». То есть, те изделия, в которых соотношения «качество — технические характеристики — цена» позволяют отнести их не только к лучшим в номенклатуре IR, но и к лучшим в отрасли.

Качество (то есть, надежность изделий и соответствие их заявленным параметрам) продукции IR сомнений не вызывает. Не умаляя достоинств других производителей и их продукции, нельзя не согласиться — International Rectifier является мировым лидером в производстве элементной базы для силовой электроники.

Разработка технологии TrenchFET и внедрение ее в новых изделиях позволило добиться образцовых технических характеристик для тех параметров (сопротивление открытого канала и заряд затвора), которые в первую очередь влияют на потребительские свойства приборов. Это достигнуто не только без увеличения цен на продукцию, но и при существенном снижении цены в новых изделиях.

Литература

1. В. Башкиров, Новые семейства высокоэффективных низковольтных MOSFET, Новости электроники, №18, 2008
2. Шевченко В. Транзисторы в корпусах DirectFET компании International Rectifier // Chip News Украина, 2006, №1.
3. Benchmark MOSFETs. Product Selection Guide // материал компании International Rectifier.

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

**НОВЫЕ MOSFETs С ЗАТВОРОМ,
УПРАВЛЯЕМЫМ ЛОГИЧЕСКИМ УРОВНЕМ,
в корпусах d2pak**

IRLS3034 (Bvds=40 В)
IRLS3036 (Bvds=60 В)
IRLS4030 (Bvds=100 В)

LOGIC LEVEL

Константин Староверов

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ НИЗКОВОЛЬТНЫХ MOSFET-ТРАНЗИСТОРОВ В КОРПУСАХ SO-8, PQFN И DIRECTFET



Обновленная линейка низковольтных силовых **MOSFET**-транзисторов компании **International Rectifier** выполнена по улучшенной технологии **Trench FET Gen10.59** и с использованием современных технологий корпусирования. Их применение позволит выполнить самые жесткие требования к эффективности и себестоимости конечного решения.

Низковольтные MOSFET-транзисторы — одни из самых востребованных в настоящее время. Они находят широкое применение в каскадах DC/DC-преобразователей, коммутации и распределении цепей питания, а также защиты батарейных источников питания в потребительском, компьютерном и коммуникационном оборудовании. В условиях жесткой конкурентной борьбы и существования различного рода требований к высокой энергоэффективности оборудования разработчики стремятся уменьшить габариты, энергопотребление, и при этом снизить себестоимость конечной продукции. Силовые коммутаторы, которые стали прочной нишей для использования MOSFET-транзисторов, наиболее чувствительны к этим характеристикам. Они порой

предъявляют полярные требования к силовому MOSFET-транзистору, требуя в одном случае поиска транзистора с минимальным сопротивлением открытого канала $R_{DS(ON)}$, как в случае статического ключа, а в другом — с минимальным зарядом затвора (Q_G), как в случае высокочастотного ШИМ-коммутатора. Прежде эти условия приводили к необходимости выбора различных марок транзисторов для работы в тех или иных каскадах. Необходимо было также выбрать оптимальное соотношение занимаемой площади и рассеиваемой мощности. Однако совершенствование технологий производства MOSFET-транзисторов позволило компенсировать влияние данных противоречий. Наиболее весомых результатов в этом добилась компания International Rectifier, которая на данный момент вы-

пускает лучшие в отрасли транзисторы по соотношению цена-качество. Очередной рывок в улучшении характеристик MOSFET-транзисторов компания сделала в 2007 году с представлением новой низковольтной технологии Trench FET Gen10.59 [1], позволяющей выпускать транзисторы с улучшенными рабочими характеристиками по цене ниже, чем у конкурентов. Новые транзисторы доступны в корпусах SO-8, PQFN и DirectFET, которые дают разработчику возможность добиться требуемого качества работы силового коммутатора в обмен на некоторое повышение сложности монтажа корпусов на печатную плату (см. рисунок 1).

MOSFET-транзисторы в корпусе SO-8

Основные характеристики новых MOSFET-транзисторов, относящихся к поколению Gen10.59 и размещенных в корпусе SO-8, сведены в таблицу 1. Здесь представлены одиночные и сдвоенные транзисторы на токи от 8 до 25 А, а также одновременное сочетание малых значений $R_{DS(ON)}$ и Q_G . Благодаря этому данные транзисторы могут равно эффективно использоваться в различных силовых каскадах. Например, широко применяющаяся в настоящее время топология понижающего DC/DC-преобразователя с синхронным выпрямлением требует применения полумостового коммутатора, в нижнем плече которого преобладают потери проводимости (то есть важен выбор транзистора с минимальным $R_{DS(ON)}$), а в верхнем — потери коммутации, которые тем выше, чем выше частота коммутации (то есть важен выбор транзистора с минимальным Q_G). Доступность MOSFET-транзисторов с высокими рабочими характеристиками позволяет построить силовой каскад на транзисторах одной и той же марки с сохранением высокого уровня его эффективности. Кроме того, малые значения Q_G также позволяют добиться низкого собственного потребления силовым каскадом в режиме коммутации на холостом ходу, что важно для применений с ограниченным бюджетом электропотребления



Рис. 1. Зависимость сложности монтажа корпусов SO-8, PQFN и DirectFET от их теплорассеивающих свойств

Таблица 1. MOSFET-транзисторы в корпусе SO-8

Наименование	BV_{DSS} , В	$R_{DS(on)}$ ($V_{GS} = 10$ В), мОм, не более	$R_{DS(on)}$ ($V_{GS} = 4,5$ В), мОм, не более	I_D ($T_A = 25^\circ\text{C}$), А	Q_g (тип), нКл	Расположение выводов на рис. 2
Одиночные MOSFET-транзисторы						
IRF8252	25	2,7	3,7	25	35	A
IRF8788	30	2,8	3,8	24	44	A
IRF7862	30	3,7	4,5	21	30	A
IRF8734	30	3,5	5,1	21	20	A
IRF8736	30	4,8	6,8	18	17	A
IRF8721	30	8,5	12,5	14	8,3	A
IRF8714	30	8,7	13	14	8,1	A
IRF8707	30	11,9	17,5	11	6	A
Сдвоенные MOSFET-транзисторы						
IRF8313	30	15,5	21,6	9,7	6,0	Б
IRF8513	VT1	15,5	22,2	8	5,7	B
	VT2	12,7	16,9	11	7,6	

в дежурном режиме. Корпус SO-8 выгодно отличается как малой стоимостью изготовления, так и малыми затратами на его монтаж. Учитывая все вышеперечисленное, рассматриваемые транзисторы можно назвать лучшими в отрасли по соотношению цена-качество.

Как следует из таблицы 1, транзисторы разделяются на одиночные и сдвоенные. Одиночные используют стандартное расположение выводов (см. рисунок 2а), поэтому могут служить недорогой и более эффективной заменой для множества транзисторов разных производителей. В частности, транзистор IRF8736 может заменить более 30 наименований (ст. таблицу 2). Применение сдвоенных транзисторов выгодно в тех случаях, когда в силовых каскадах используется несколько транзисторов и одновременно требуется повысить плотность монтажа и/или снизить количество комплектующих элементов. На данный момент доступны следующие сдвоенные n-канальные MOSFET-транзисторы: IRF8313PBF содержит два полностью идентичных и независимых n-канальных MOSFET-транзистора (рисунок 2б), а IRF8513PBF — два отличающихся по характеристикам n-канальных MOSFET-транзистора, включенных по схеме полумостового коммутатора (рисунок 2в). Каждый из этих сдвоенных транзисторов оптимизирован для использования в высокоэффективных понижающих DC/DC-преобразователях с синхронным выпрямлением.

MOSFET-транзисторы в корпусе PQFN

Сведения по транзисторам в корпусе PQFN представлены в таблице 3. Транзисторы разделены на две серии IRFH79xx и IRFH37xx. Серия IRFH79xx поставляется в корпусе типоразмера 5x6 мм, который занимает точно такую же площадь и использует то же посадочное место, что и корпус SO-8. Кроме того, у данных транзисторов сохранено идентичное

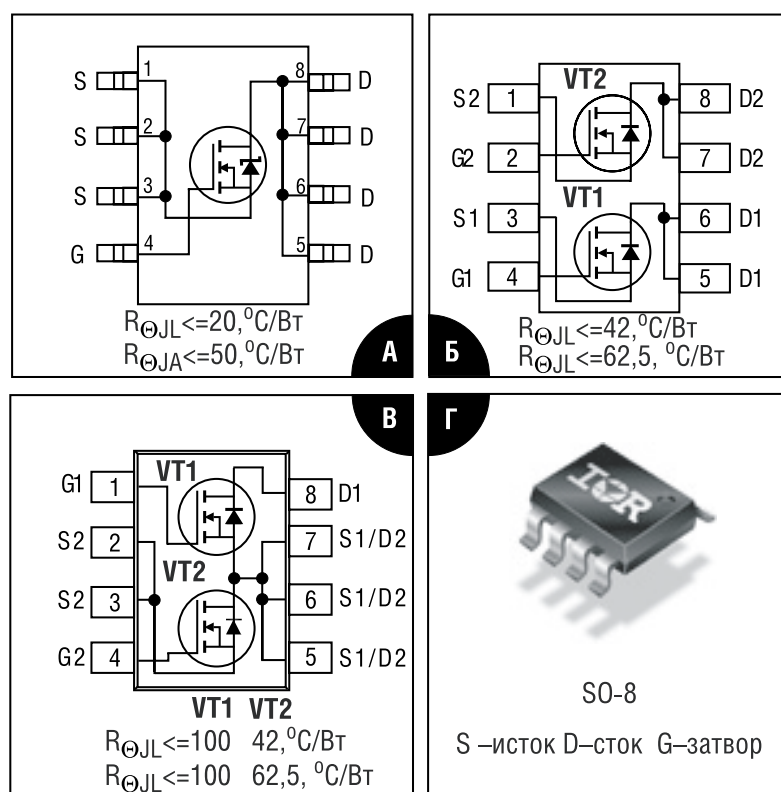


Рис. 2. Расположение выводов и схема внутренних подключений MOSFET транзисторов в корпусе SO-8

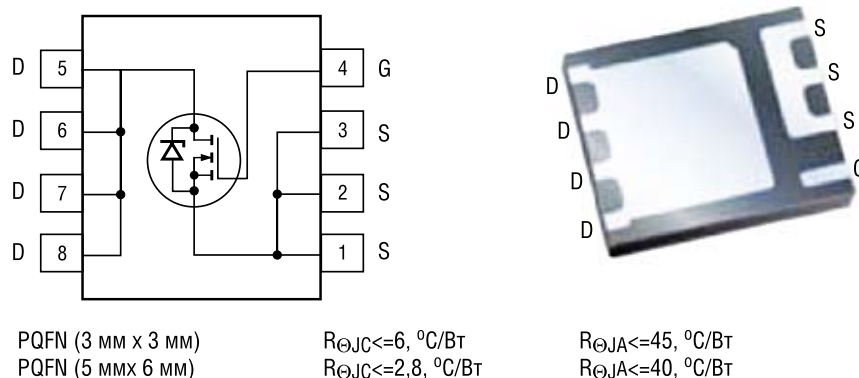


Рис. 3. Внешний вид и расположение выводов MOSFET транзисторов в корпусе PQFN

Таблица 2. IRF8736 заменяет более 30 наименований MOSFET-транзисторов

Наименование MOSFET	Производитель	Наименование MOSFET	Производитель
IRF7455PBF	IR	FDS6670A	Fairchild
IRF7458PBF	IR	FDS6682	Fairchild
IRF7463PBF	IR	FDS6688	Fairchild
IRF7805ZPBF	IR	FDS8690	Fairchild
IRF7822PBF	IR	FDS8817NZ	Fairchild
IRF7835PBF	IR	FDS8874	Fairchild
IRF7836PBF	IR	FDS8896	Fairchild
IRF8113PBF	IR	BSO052N03S	Infineon
STS17NF3LL	ST	BSO064N03S	Infineon
STS17NH3LL	ST	BSO072N03S	Infineon
HAT2040R	Renesas	BSO4420	Infineon
HAT2064R	Renesas	BSO4420NT	Infineon
HAT2118R	Renesas	NTMS4503NR2	ON Semi
HAT2195R	Renesas	Si4386DY	Vishay
HAT2197R	Renesas	Si4634DY	Vishay
RJK0316DSP	Renesas	Si4874BDY	Vishay
RJK0352DSP	Renesas	SI4888DY-T1-E3	Vishay
RJK0353DSP	Renesas	STS17NF3LL	Vishay
RJK0354DSP	Renesas	STS17NH3LL	Vishay

Таблица 3. MOSFET-транзисторы в корпусе PQFN

Наименование	BV_{DSS} , В	$R_{DS(on)}$ ($V_{GS} = 10$ В), мОм, не более	$R_{DS(on)}$ ($V_{GS} = 4,5$ В), мОм, не более	I_D ($T_A = 25^\circ\text{C}$), А	Qg (тип), нКл	Типоразмер корпуса PQFN, мм	Переход из SO-8
IRFH3702	30	7,1	11,8	16	9,6	3x3	
IRFH3707	30	12,4	17,9	12	5,4	3x3	
IRFH7932	30	3,3	3,9	24	34	5x6	IRF7862PBF
IRFH7934	30	3,5	5,1	24	20	5x6	IRF8734PBF
IRFH7936	30	4,8	6,8	20	17	5x6	IRF8736PBF
IRFH7921	30	8,5	12,5	15	9,3	5x6	IRF8721PBF
IRFH7914	30	8,7	13	15	8,3	5x6	IRF8714PBF

транзисторам в корпусе SO-8 расположение выводов (см. рисунок 3). Благодаря этим особенностям, переход от корпуса SO-8 к корпусу PQFP реализуется достаточно просто, но при этом разработчик может использовать ряд преимуществ нового корпуса:

- высота корпуса PQFP равна 0,9 мм, что вдвое меньше по сравнению с корпусом SO-8;

- выводы корпуса PQFP обладают более низким активным сопротивлением, благодаря чему, при прочих равных условиях, транзисторы, размещенные в этом корпусе, способны работать с более высоким током стока;

- корпус PQFN обладает улучшенными тепловыми характеристиками; данное свойство может быть реализовано в целях повышения плотности мощности или снижения рабочей температуры транзистора (по данным производителя применение корпуса PQFN позволяет снизить температуру корпуса приблизительно на 30°C , когда транзистор используется в качестве синхронного выпрямителя, и приблизительно на 10°C , когда транзистор используется в роли силового ШИМ-коммутатора).

Дополнительным стимулом к использованию корпуса PQFN является его сравнительно невысокая стоимость.

Серия IRFH37xx на данный момент представлена двумя транзисторами на максимальные токи 12 и 16 А. Глав-

ным их отличием является размещение в корпусе PQFN меньшего типоразмера (3×3 мм), который при сохранении высоты на прежнем уровне (0,9 мм) позволяет уменьшить занимаемую на плате площадь на 70%. Вследствие этого повышается плотность мощности, однако у этого типоразмера корпуса PQFN снижены теплорассеивающие свойства.

При обосновании выбора данных транзисторов также необходимо учитывать, что корпус PQFN относится к безвыводному типу корпусов, поэтому для обеспечения высокого качества продукции требуется применение более сложных технологий пайки и контроля каче-

корпусирования DirectFET. В таблице 4 представлены основные характеристики тех транзисторов DirectFET, кристаллы которых выполнены по новой технологии Gen10.59. Такие транзисторы также называются транзисторами DirectFET второго поколения или DirectFET2. Отличия конструкции и расположение выводов использующихся здесь типоразмеров корпусов DirectFET представлены на рисунке 4. В дополнение к уже рассмотренным преимуществам, которые дает технология Gen10.59, транзисторы DirectFET также предлагают множество других преимуществ, основанных на особенностях конструкции их корпусов.

Очередной рывок в улучшении характеристик MOSFET-транзисторов компания **International Rectifier** сделала в 2007 году с представлением новой низковольтной технологии **Trench FET Gen10.59**, позволяющей выпускать транзисторы с улучшенными рабочими характеристиками по цене ниже, чем у конкурентов.

ства пайки, чем могло бы потребоваться при использовании корпуса SO-8.

MOSFET-транзисторы DirectFET второго поколения

Очередной шаг в улучшении рабочих характеристик силового коммутатора представляют собой транзисторы, выполненные по специальной технологии

По сути, они представляют собой изготовленный особым образом кристалл, дополненный сверху медной крышечкой-кожухом. В верхней части кристалла размещена контактная площадка стока (скрыта кожухом), а в нижней — затвора и истока (видны в нижней части корпуса). Сток кристалла электрически соединен с кожухом и, поэтому, послед-

Таблица 4. MOSFET-транзисторы DirectFET 2

Наименование	V_{DSS} , В	$R_{DS(on)}$ ($V_{GS} = 10$ В), мОм, не более	$R_{DS(on)}$ ($V_{GS} = 4,5$ В), мОм, не более	I_D ($T_A = 25^\circ\text{C}$), А	Qg (тип), нКл	Типоразмер корпуса
IRF6715M	25	1,6	2,7	34	40,0	MX
IRF6716M	25	1,6	2,6	39	39,0	MX
IRF6714M	25	2,1	3,4	29	29,0	MX
IRF6713S	25	3,0	4,5	22	21,0	SQ </td
IRF6712S	25	4,9	8,7	17	12,0	SQ </td
IRF6720S2	30	8,0	12,8	11	7,9	S1
IRF6709S2	25	7,8	13,5	12	8,1	S1
IRF6710S2	25	7,6	14,0	12	8,5	S1
IRF6721S	30	5,1	8,5	14	11,0	SQ </td
IRF6722S	30	4,7	8,0	13	11,0	ST
IRF6722M	30	4,7	8,0	13	11,0	MP
IRF6724M	30	1,9	2,7	27	33,0	MX
IRF6725M	30	1,7	2,4	28	36,0	MX
IRF6726M	30	1,3	1,9	32	51,0	MT
IRF6717M	30	1,25	2,1	38	46,0	MX
IRF6727M	30	1,2	1,8	32	49,0	MX

ний также выполняет роль выводов стока. Кристалл крепится к кожуху с помощью компаунда. Благодаря такой конструкции достигнуто снижение высоты корпуса до 0,7 мм и существенно улучшен показатель эффективности корпуса (отношение площадей кристалла и корпуса). У транзисторов DirectFET этот показатель достигает 90%. Другая особенность конструкции транзисторов DirectFET заключается в том, что у них не используется разварка кристалла — контактные площадки напрямую соединены с кристаллом. Благодаря этому, исключены свойственные другим корпусам электрические и тепловые сопротивления элементов, обеспечивающих подключение кристалла к выводам на корпусе. Эта особенность также позволила свести до минимума паразитную индуктивность выводов транзистора, и поэтому они обеспечивают более высокое качество переходных процессов (примеры осциллограмм можно посмотреть в [1]).

Особенности конструкции транзисторов DirectFET уникальным образом отразились на их теплорассеивающих свойствах. В отличие от пластиковых корпусов, в том числе SO-8 и PQFN, корпус DirectFET обладает хорошим теплорассеиванием как с поверхности корпуса, так и в направлении печатной платы. Вследствие этого, к ним неприменимы традиционные методики теплового расчета, которые учитывают отвод тепла в одном из направлений. Тепловая модель транзисторов DirectFET описывается тремя тепловыми сопротивлениями: R1 (переход — вывод истока), R2 (переход — кожух) и R3 (кожух-основание платы). Подробная методика теплового расчета приводится в [2]. Компания IR также предлагает Web-инструмент, автоматизирующий расчет теплового режима транзистора, который доступен по ссылке <http://www.irf.com/product-info/>

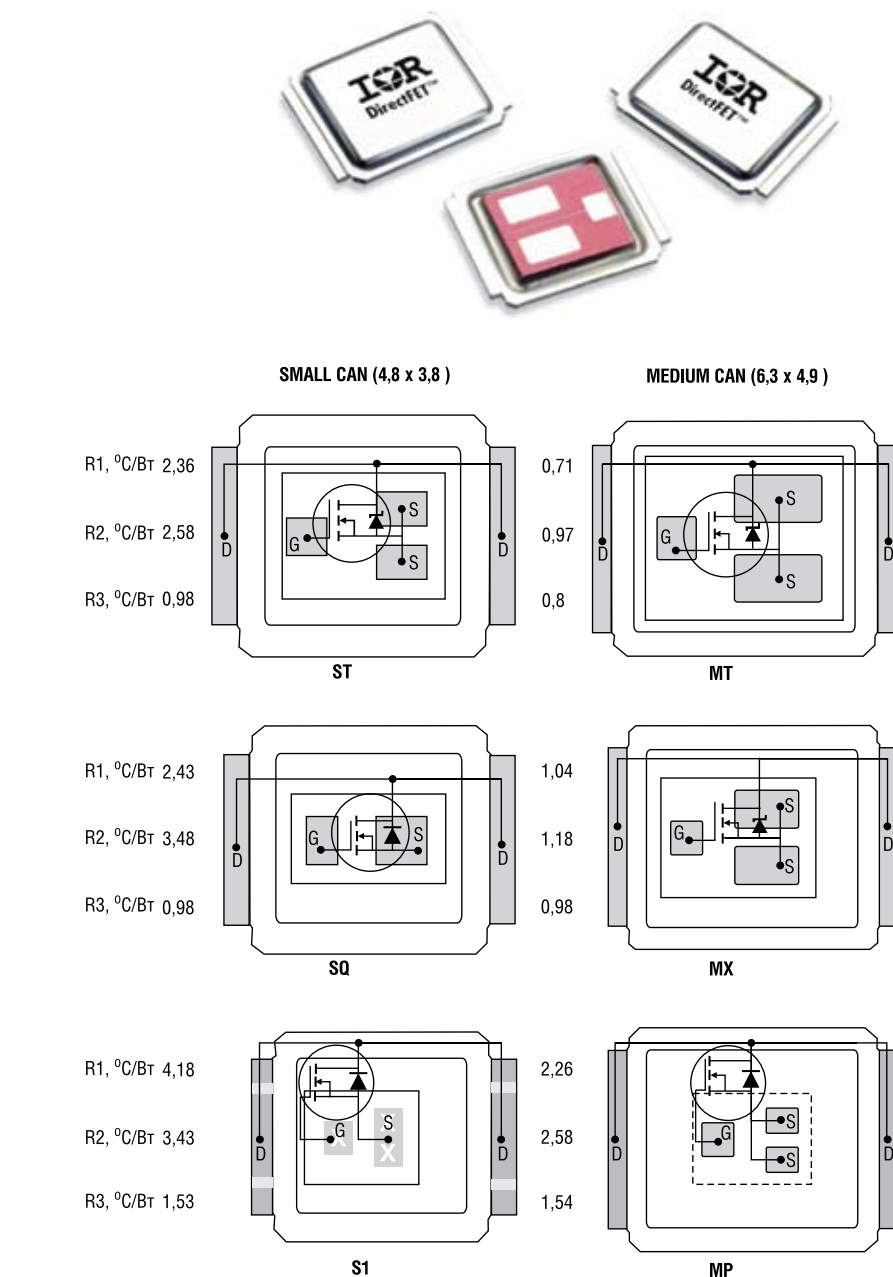


Рис. 4. Внешний вид и расположение выводов транзисторов DirectFET 2

[directfet/thermalcalc.html](#). Наличие металлического кожуха также предоставляет возможность дальнейшего увеличения эффективности отвода тепла с помощью закрепленного внешне радиатора.

Заключение

Технология Gen10.59 позволяет сделать новый виток в направлении улучшения рабочих характеристик низковольтных силовых коммутаторов, выполненных на основе MOSFET-транзисторов и применяемых в современных каскадах преобразования, распределения и коммутации напряжения. Кроме того, имея доступ к еще более совершенным технологиям корпусирования, пользователь получает возможность дальнейшего усиления качества работы силового коммутатора.

Литература

1. Башкиров В. Новые семейства высокоэффективных низковольтных MOSFET // Новости электроники, №18, 2008 г. — С.29-32.

2. DirectFET Technology Thermal Model and Rating Calculator // Application Note, AN-1059, International Rectifier, Version 2, December 2008.-11p.

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

Новые MOSFETs от IR на 150 В и 200 В для промышленных применений

Новые MOSFET-транзисторы International Rectifier серии **IRFB46xx** и **IRFS46xx** на 150 В и 200 В с ультранизким значением заряда затвора (Q_g) предназначены для промышленных применений, включая источники питания типа Switch Mode Power Supplies (SMPS), источники бесперебойного питания (UPS), инверторы и драйверы электродвигателей постоянного тока.

Данные приборы оптимизированы для схемных решений, где требуются быстрые переключения и где важны малые потери в переключающихся режимах.

У новых MOSFET-транзисторов International Rectifier, рассчитанных на напряжение 150 В, значение Q_g на 59% ниже, а у 200-вольтовых на 33% ниже, чем у других производителей – конкурентов.

Новые MOSFET-транзисторы имеют самую выгодную рыночную цену и доступны в корпусах TO-220, D2-PAK, TO-262, D-PAK и I-PAK, соответствуют нормам RoHS.

Новые Benchmark MOSFETs International Rectifier

Новые Benchmark (эталонные в своем классе) MOSFET-транзисторы International Rectifier **IRLB8721PbF**; **IRLB8743PbF**; **IRLB8748PbF**; **IRLB3813PbF** на напряжение 30 В с ультранизким значением заряда затвора (Q_g) предназначены для промышленных применений, включая источники бесперебойного питания (UPS), высокоэффективные низковольтные DC/DC-преобразователи, приложения типа O-Ring (силовая схема ИЛИ соединения источников питания), источники питания для серверов и сетевых рабочих станций. Новые устройства сочетают в себе высокие эксплуатационные характеристики и производительность и имеют привлекательную, низкую стоимость.

Новые MOSFET-транзисторы являются прямой улучшенной заменой существующих 30-вольтовых MOSFETs в корпусе TO-220 и являются развитием линейки Benchmark MOSFETs International Rectifier.

Данные MOSFETs выполнены в корпусе TO-220AB и соответствуют нормам RoHS.

Низковольтные MOSFET в мини-корпусах

Низкое $R_{DS(on)}$,
высокие динамические
характеристики

- IRF6717M
- IRF6721S
- IRF6722M

- IRF8736
- IRF8734
- IRF8721
- IRF8313/8513

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

 **Компэл**
www.compel.ru

Андрей Никитин

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ КОМПАНИИ INTERNATIONAL RECTIFIER



Реле (и электромеханические, и полупроводниковые) в качестве электрически управляемых переключателей с изолированными цепями управления и коммутации и сегодня являются функционально необходимыми элементами для многих электронных устройств.

В данной статье рассматривается линейка полупроводниковых (оптоэлектронных) реле, выпускаемых компанией International Rectifier.

Поскольку оптоэлектронные реле появились на рынке существенно позже электромеханических, то какое-то время они рассматривались в перспективе как неизбежная замена электромеханических на все случаи жизни. Почти наверняка это не так, и те, и другие реле имеют свои ниши на рынке электронных компонентов. Но оптореле оказались свободными от ряда существенных недостатков, которые объективно сопутствуют реле электромеханическим. Следовательно, в тех приложениях, где эти недостатки были критичными, оптоэлектронные реле вытесняли электромеханические.

Коротко рассмотрим эти недостатки:

1. Срок эксплуатации. В электромеханических реле замыкание и размыкание коммутируемой цепи происходит за счет изгиба миниатюрной металлической пластины под действием электромагнитного поля, возникающего при протекании тока через обмотку возбуждения (цепь управления). С течением времени механические свойства пластины изменяются. Поэтому срок службы электромеханических реле ограничен не столько временем, сколько режимом работы, а именно, суммарным количеством переключений. В зависимости от типа реле и параметров коммутируемых сигналов количество переключений оценивалось как 105...107. Коммутируемая цепь оптоэлектронных реле механических частей не имеет, следовательно, и параметр «количество переключений» не имеет практического смысла.

2. В процессе эксплуатации электромеханических реле электрохимические характеристики контакта меняются (контакт «пригорает»), и сопротивление

замкнутого контакта в течение срока службы может существенно изменяться. У оптореле этот параметр практически не меняется (при одинаковых условиях эксплуатации).

3. Для электромагнитных реле характерен дребезг контактов, то есть неоднократное замыкание-размыкание контакта при переключении. Это, во-первых, увеличивает уровень электромагнитных помех в аппаратуре, а во-вторых, может потребовать дополнительных антидребезговых мер (например, в счетных схемах).

4. В электромагнитных реле возможно нештатное замыкание контактов под действием ударных или вибрационных

воздействий. Отсутствие механических подвижных контактов в оптореле делает их более устойчивыми к таким воздействиям.

5. Поскольку переключение в электромагнитных реле происходит под воздействием электромагнитного поля, возможны нештатные срабатывания от внешних электромагнитных полей. Это приводит к необходимости дополнительных конструктивных мер, например, разнесению соседних реле на безопасное расстояние, экранирование и т.д.

6. Для электромагнитных реле неизбежен акустический шум от срабатывания контактов в процессе работы.

Кроме того:

7. В оптоэлектронных реле значение тока в цепи управления, необходимое для замыкания коммутируемой цепи, значительно меньше, чем в электромагнитных реле. Следовательно, применение оптореле в цифровых схемах заметно упрощается.

8. Для оптореле, в общем случае, характерно значительно меньшее время

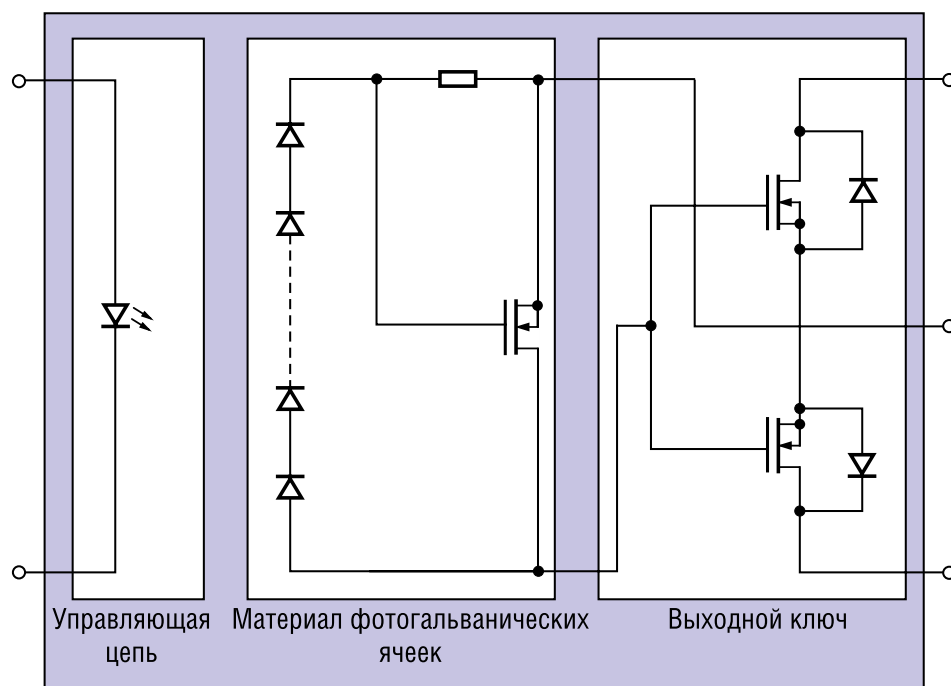


Рис. 1. Структурная схема оптоэлектронного реле

Таблица 1. Технические характеристики оптореле серии PVA

Модель	«Рабочее напряжение, В»		«Ток нагрузки, мА»	Сопротивление Ron, Ом	Сопротивление Roff, Мом	«Ток управления, мА»	«Напряжение изоляции, В»	«Задержка распространения, мкс»	
	(+)	(-)						Ton	Toff
PVA1352	100	100	375	5	100	5	4000	150	125
PVA1354	100	100	375	5	10 000	5	4000	150	125
PVA2352	200	200	150	24	100	5	4000	100	110
PVA3054	300	300	50	160	10 000	5	4000	60	100
PVA3055	300	300	50	160	100 000	5	4000	60	100
PVA3324	300	300	150	24	10 000	2	4000	100	110
PVA3354	300	300	150	24	10 000	5	4000	100	110

срабатывания (замыкания и размыкания).

9. При прочих равных условиях, для оптоэлектронных реле характерны меньшие вес, габариты и площадь, занимаемая на печатной плате.

Технология оптоэлектронных реле International Rectifier.

Оптоэлектронное реле International Rectifier, структура которого представлена на рисунке 1, включает в себя три основных функциональных узла: управляющую цепь, матрицу фотогальванических ячеек и выходной ключ.

Управляющая цепь содержит светодиод, преобразующий протекающий через него ток в инфракрасное излучение. Инфракрасный свет, пройдя некоторое расстояние в корпусе реле, попадает на матрицу фотогальванических ячеек, каждая из которых преобразует попадающий на нее свет в напряжение, которое, в свою очередь, управляет элементом, замыкающим выходной ключ.

Если ток через цепь управления не протекает, то светодиод не излучает свет, фотогальваническая матрица не формирует напряжение и выходной ключ размыкает цепь коммутации.

В оптореле переменного тока в качестве выходного ключа используется симистор. Характерной особенностью приборов данного типа является то, что размыкание выходного ключа про-

исходит в тот момент, когда напряжение в коммутируемой цепи проходит через ноль. Поэтому применение реле на симисторах в цепях постоянного тока весьма затруднительно.

В оптореле постоянного тока в качестве выходного ключа используется одиночный биполярный или МОП-транзистор.

В универсальных оптореле (коммутирующих как постоянный, так и переменный ток) в качестве ключа используется пара МОП- или IGBT-транзисторов, соединенных истоками.

В линейке International Rectifier отсутствуют оптоэлектронные реле на симисторах. В отличие от симисторных, ключи на МОП-транзисторах характеризуются практически линейной зависимостью падения напряжения на открытом ключе от тока в нагрузке (I_L) или, другими словами, постоянством сопротивления замкнутого ключа. В качестве выходного ключа используются или полевые МОП-транзисторы, выполненные по технологии HEXFET (запатентованной International Rectifier), или биполярные транзисторы с изолированным затвором — IGBT. Сдвоенные МОП-транзисторы, используемые в универсальных оптореле, получили название BOSFET.

Варианты подключения оптоэлектронных реле

Отметим, что International Rectifier выпускает только однополюсные нормально разомкнутые оптореле (иначе Form A), поэтому все варианты подключений относятся именно к этому типу реле.

В общем случае оптоэлектронные универсальные реле имеют 5 задействованных контактов: 1 — плюс цепи управления, 2 — минус цепи управления, 4 — сток транзистора 1, 5 — общий исток транзисторов 1 и 2, 6 — сток транзистора 2.

Применяются три типа подключения, представленные на рисунке 2.

Подключение А используется для коммутации нагрузки переменного или постоянного тока. В этом случае ток течет через канал «сток-исток» одного транзистора и объемный диод стока вто-

рого. При изменении направления тока в нагрузке, соответственно меняется и направление тока в паре транзисторов. Если общий исток не выведен на внешний вывод реле, то это подключение остается единственным возможным (серия PVA).

Подключение В используется для коммутации нагрузки только постоянного тока. В этом случае ток течет через канал «сток-исток» одного транзистора, а второй транзистор не задействован.

Подключение С также используется для коммутации нагрузки только постоянного тока. В этом случае стоки пары транзисторов объединяются внешней перемычкой. Тогда ток протекает через каналы «сток-исток» двух транзисторов одновременно, а сопротивление замкнутого контакта снижается примерно вдвое.

Линейка оптоэлектронных реле International Rectifier

Если рассматривать линейку оптоэлектронных реле International Rectifier на МОП-транзисторах, то можно определить три основные группы:

1. Быстродействующие — время переключения не превышает 200 мкс. Сюда входят серии PVA, PVD и PVR.

2. Низковольтные мощные — величина тока в коммутируемой цепи от 1 А, при сопротивлении замкнутого контакта менее 0,5 Ом. Это серии PVG и PVN.

3. Общего назначения — время включения от 2 мс и более, коммутируемая мощность — до 150 Вт. Главным образом, это серия PVT.

Оптоэлектронные реле серии PVA.

Серия PVA — однополюсные, нормально разомкнутые оптореле. В качестве выходного ключа используются BOSFET-транзисторы. Целевое назначение — коммутация аналоговых сигналов постоянного и переменного тока. Все модификации выпускаются в корпусах с двухрядным расположением выводов: с суффиксом NS — для поверхностного монтажа (SMT-8), с суффиксом N — для выводного монтажа (DIP-8). Вариант подключения — только А, поскольку общий исток транзисторов на внешний вывод корпуса не

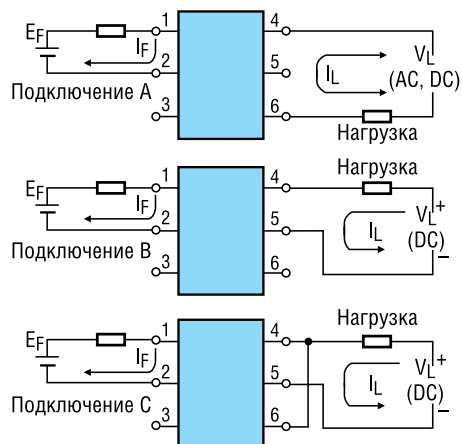


Рис. 2. Варианты подключения оптоэлектронного реле

выведен. Технические характеристики представлены в таблице 1.

Рекомендуемые области применения: устройства автоматики и промышленного контроля, системы сбора данных, промышленное контрольно-поверочное оборудование, системы коммутации и мультимплексирования сигналов.

Несомненное достоинство серии — высокое быстродействие. У PVA30xx оно наивысшее, но эти реле имеют весьма высокое сопротивление замкнутого контакта и, как следствие, большое падение напряжения (до 8 В) на замкнутом контакте.

Оптоэлектронные реле серии PVD

Серия PVD является аналогом реле PVA1352 и PVA1354 с заранее реализованным вариантом подключения С (то есть, не одиночный транзистор, а именно BOSFET в подключении С). Технические характеристики серии PVD представлены в таблице 2.

Оптоэлектронные реле серии PVR

По техническим характеристикам и области применения данные устройства весьма близки к оптоэлектронным реле PVAx3xx и являются их дальнейшим развитием. Основные отличия:

- выпускаются только в корпусах для выводного монтажа (DIP-16);
- в одном корпусе собрано два независимых, однополюсных реле;
- общий исток BOSFET-транзисторов выведен на внешний вы-

вод, следовательно, возможна реализация не только подключения по схеме А, но и по схемам В и С.

Технические характеристики серии PVR представлены в таблице 3.

Обратим внимание на тот факт, что двоянные оптоэлектронные реле, аналогичные PVR, иногда ошибочно обозначают как “2 Form A”. Различные управляющие цепи однозначно относят их к “Double 1 Form A”. Однако если

В таких товарных группах, как быстродействующие и низковольтные мощные оптореле, International Rectifier находится в числе мировых лидеров.

управляющие цепи включить параллельно, то получим аналог типа “2 Form A” электромагнитных реле.

Оптоэлектронные реле серии PVG

Серия PVG — однополюсные, нормально разомкнутые оптореле, с возможностью включения по схемам А, В и С. Реле предназначены для коммутации аналоговых сигналов с напряжением до 60 В. Все модификации выпускаются в корпусах с двухрядным расположением выводов: с суффиксом S — для поверхностного монтажа (SMT-6), без суффикса — для выводного монтажа (DIP-6).

Технические характеристики серии PVG представлены в таблице 4.

Отличительная особенность оптореле этой серии — высокие токи нагрузки в сочетании с достаточно малым сопротивлением замкнутого контакта, что обеспечивает весьма приемлемые значения падения напряжения на контакте. Основные области применения: источники и системы коммутации вторичного электропитания, компьютеры, периферийные устройства и аудиотехника, выходные реле программируемых логических контроллеров и подобные приложения промышленной автоматики. Незначительное падение напряжения на контакте позволяет использовать реле этой серии также в измерительных системах.

Отметим появление суффикса “А” — за счет увеличения времени срабатывания снижено сопротивление замкнутого контакта, что позволило увеличить ток при примерно равном значении рассеиваемой на контакте мощности.

Оптоэлектронные реле серии PVN

Серия PVN является модификацией серии PVG. Снижение рабочего напряжения до 20 В позволило увеличить ток нагрузки и снизить сопротивление замкнутого контакта. Эти оптореле — лучшие в линейке International Rectifier по данным параметрам и, соответственно, обеспечивают минимальные значения падения напряжения на контакте. Корпусное исполнение серии PVN аналогично серии PVG.

Таблица 2. Технические характеристики оптореле серии PVD

Модель	Рабочее напряжение, В	Ток нагрузки, мА	Сопротивление Ron, Ом	Сопротивление Roff, Мом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
							Ton	Toff
PVD1352	100	550	1,5	100	5	4000	150	125
PVD1354	100	550	1,5	10 000	5	4000	150	125

Таблица 3. Технические характеристики оптореле серии PVR

Модель	Рабочее напряжение, В		Ток нагрузки, мА			Сопротивление Ron, Ом			Сопротивление Roff, Мом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
	(+)	(-)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)				Ton	Toff
PVR1300	100	100	360	420	660	5	3	1,5	100	2	1500	150	125
PVR1301	100	100	360	420	660	5	3	1,5	10000	2	1500	150	125
PVR2300	200	200	165	180	310	24	12	6	100	2	1500	150	125
PVR3300	300	300	165	180	310	24	12	6	100	2	1500	150	125
PVR3301	300	300	165	180	310	24	12	6	10000	2	1500	150	125

Таблица 4. Технические характеристики оптореле серии PVG

Модель	Рабочее напряжение, В		Ток нагрузки, мА			Сопротивление Ron, Ом			Сопротивление Roff, Мом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
	(+)	(-)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)				Ton	Toff
PVG612	60	60	1000	1500	2000	0,5	0,25	0,15	100	5	4000	2000	500
PVG612A	60	60	2000	2500	4000	0,1	0,05	0,035	60	5	4000	3500	500
PVG613	60	60	1000	1500	2000	0,5	0,25	0,15	4800	5	4000	2000	500

Таблица 5. Технические характеристики оптореле серии PVN

Модель	Рабочее напряжение, В		Ток нагрузки, мА			Сопротивление Ron, Ом			Сопротивление Roff, Мом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
	(+)	(-)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)				Ton	Toff
PVN012	20	20	2000	3000	4500	0,1	0,065	0,04	16	3	4000	5000	500
PVN012A	20	20	4000	4500	6000	0,05	0,025	0,015	н.д.	5	4000	3000	500
PVN013	20	20	2000	3000	4500	0,1	0,065	0,04	н.д.	3	4000	5000	500

Таблица 6. Технические характеристики оптореле серии PVT

Модель	Рабочее напряжение, В		Ток нагрузки, мА			Сопротивление Ron, Ом			Сопротивление Roff, Мом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
	(+)	(-)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)				Ton	Toff
PVT212	150	150	550	600	825	0,75	0,4	0,25	150	5	4000	3000	500
PVT312	250	250	190	210	320	10	5,5	3	250	2	4000	3000	500
PVT312L	250	250	170	190	300	15	8	4,25	250	2	4000	3000	500
PVT322	250	250	170	—	—	10	—	—	250	2	4000	3000	500
PVT322A	250	250	170	—	—	8	—	—	250	2	4000	3000	500
PVT412	400	400	140	150	210	27	14	7	400	3	4000	2000	500
PVT412A	400	400	240	260	360	6	3	2	400	3	4000	3000	500
PVT412L	400	400	120	130	200	35	18	9	400	3	4000	2000	500
PVT422	400	400	120	—	—	35	—	—	320	2	4000	2000	2000

Таблица 7. Технические характеристики оптореле PVX6012

Модель	Рабочее напряжение, В		Ток нагрузки, мА		Сопротивление Roff, Мом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
	(AC)	(DC)	(AC)	(DC)				Ton	Toff
PVX6012	400	400	1000	1000	40	5	3750	7000	1000

Технические характеристики серии PVN представлены в таблице 5.

Возможные области применения аналогичны серии PVG, но указанные отличия более значимы именно для систем коммутации электропитания и измерительных систем.

Оптоэлектронные реле серии PVT

Серия PVT позиционируется производителем как оптореле для телекоммуникационных приложений (отсюда и буква “Т”). Но логичнее сформулировать все-таки как «оптореле общего назначения».

Технические характеристики серии PVT представлены в таблице 6.

Какой вывод можно сделать из приведенных параметров? Что-то среднее — «золотая середина». Трудно спорить, что основные параметры оптореле: рабочее напряжение, ток нагрузки, время переключения, сопротивление замкнутого контакта, — составляют не что постоянное. И если решаемая задача определяет повышенные требования к одному из параметров, то это достигается за счет одного или нескольких оставшихся.

Производитель предлагает области применения: модемы, факсы, телефонные аппараты (поднятие трубки, импульсный набор), коммутаторы и мультиплексоры телефонных линий,

контроль сетевого напряжения и, как итог, “general switching” — «коммутация в целом».

Возвращаясь к серии PVT — изделия PVT322 и 422 (по всем суффиксам) содержат два независимых реле в одном корпусе. Однако размещение их в 8-выводном корпусе не позволяет вывести общий исток, следовательно, возможно включение только по схеме А. Отметим, что в серии PVR использовался 16-выводной корпус, и подобное ограничение отсутствовало.

Новый суффикс “L” означает введение дополнительных схем ограничения тока: при превышении тока выше порогового уровня увеличивается сопротивление контакта и ток снижается, что не препятствует выходу реле из строя.

Оптоэлектронное реле PVX6012

Оптоэлектронное реле PVX6012 — единственное в линейке изделие, в котором в качестве выходного ключа используются IGBT-транзисторы. Это позволяет коммутировать нагрузку мощностью до 400 Вт на постоянном токе и до 280 Вт — на переменном. Технические параметры приведены в таблице 7.

При применении PVX6012 необходимо иметь в виду: реле на IGBT-транзисторах коммутируют, по сравнению с HEXFET, более низкочастотные

сигналы (до 20 кГц) и более критичны к параметрам нагрузки.

Кроме того, при необходимости коммутации мощной высоковольтной нагрузки могут быть использованы оптоэлектронные изоляторы серии PVI. В отличие от рассмотренных оптореле, они включают в себя цепь управления и матрицу фотогальванических ячеек (рис. 1), но не содержат встроенного выходного ключа, взамен которого подключается внешний с требуемыми параметрами.

Сравнение International Rectifier с другими производителями

Ведущими мировыми производителями оптоэлектронных реле считаются Avago, Clare, Cosmo, Fairchild, NEC, Panasonic, Sharp, Toshiba. Детальное сравнение, а, тем более подбор аналогов, очевидно, выходит за возможности данного обзора.

Имеет смысл сравнивать по двум группам (быстродействующие, низковольтные мощные реле). Очевидно, что сравнение технических параметров реле общего назначения даст примерно одинаковые результаты. Сопоставляются компоненты близкие по величине рабочего напряжения (300 В для быстродействующие и 60 В для низковольтных мощных). После чего срав-

Таблица 8. Сравнение быстродействующих оптореле

Модель	Производитель	Рабочее напряжение, В	Ток нагрузки, мА	Сопротивление Ron, Ом	Ток управления, мА	Напряжение изоляции, В	Задержка распространения, мкс	
							Ton	Toff
PVA3055	IR	300	50	160	5	4000	60	100
PLA160	Clare	300	50	100	10	3750	50	50
PVA3324	IR	300	150	24	2	4000	100	110
ASSR-4110-003E	Avago	400	120	25	—	3750	500	200
PLA110L	Clare	400	150	25	5	3750	1000	250
KAQY210/A	Cosmo	350	130	20	1,5	3750	1000	1500
HSR412	Fairchild	400	140	27	3	4000	—	—
PS7341C-1A	NEC	400	120	27	—	3750	550	70
AQY210EH	Panasonic	350	130	25	—	5000	—	—
TLP227G	Toshiba	350	120	35	3	3750	—	—

Таблица 9. Сравнение низковольтных мощных оптореле

Модель	Производитель	«Рабочее напряжение, В»	«Ток нагрузки, мА»	Сопротивление Ron, Ом	«Ток управления, мА»	«Напряжение изоляции, В»	«Задержка распространения, мкс»	
							Ton	Toff
PVG612A	IR	60	2000	0,1	5	4000	3500	500
LCA715	Clare	60	2000	0,15	10	3750	2500	250
PS710A-1A	NEC	60	1800	0,1	—	1500	1000	50
AQY272	Panasonic	60	2000	0,18	—	2500	—	—
TLP3542	Toshiba	60	2500	0,1	10	2500	—	—
PVG612	IR	60	1000	0,5	5	4000	2000	500
ASSR-1510-003E	Avago	60	1000	0,5	—	3750	1000	200
LCA710	Clare	60	1000	0,5	10	3750	2500	250
KAQV212/A	Cosmo	60	400	0,83	1,5	3750	1500	1500
AQY212GH	Panasonic	60	1100	0,34	—	5000	—	—
TLP3122	Toshiba	60	1000	0,7	5	1500	—	—

ниваются три основных параметра: ток нагрузки, сопротивление замкнутого контакта и время срабатывания. Результаты сравнения приведены в таблицах 8 и 9.

Для оптореле PVA3055 сопоставимое изделие найдено только у Clare. Изделия, сравнимые с PVA3324, есть и у других производителей, однако по быстродействию (особенно если брать сумму TON+TOFF) они существенно уступают предложению International Rectifier.

Поскольку производители в основном не указывают, для какого варианта подключений даны параметры, принимаем вариант А, как наиболее жесткий. В качестве базы для сравнения возьмем PVG612A и PVG612 с током нагрузки, соответственно, 1 и 2 А. При сравнимом значении коммутируемой мощности для этой группы оптореле сопротивление замкнутого контакта — более важный параметр, нежели задержка срабатывания, поскольку напрямую определяет потери мощности и, соответственно, нагрев реле. В обоих случаях можно говорить о том, что предложения International Rectifier — одни из лучших. Отметим,

что у Avago, Cosmo и NEC в одном, а у Fairchild в обоих случаях не нашлось сопоставимых изделий.

Выводы

Компания International Rectifier у отечественного разработчика в первую очередь ассоциируется с мощными HEXFET- и IGBT-транзисторами, микросхемами для управления силовыми приводами, стабилизаторами напряжения, решениями по управлению освеще-

нием. С оптоэлектронными реле — гораздо реже.

Однако мы убедились, что в таких товарных группах, как быстродействующие и низковольтные мощные оптореле, International Rectifier находится в числе лидеров.

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

Оптоэлектронные реле IR

- ♦ Быстродействующие — $t_{пер.} < 200$ мкс (PVA, PVD, PVR)
- ♦ Низковольтные мощные — $I_{комм.} > 1$ А (PVG, PVN)
- ♦ Общего назначения — $t_{вкл.} > 2$ мс, $P_{комм.}$ до 150 Вт (PVT)

Logic + Relay Driver + Mechanical Relay

Logic + Solid State Relay

Давиде Джакомини, Луиджи Чине (International Rectifier)

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ВХОДНЫХ ДИОДНЫХ МОСТОВ

Сетевой блок питания любого электронного оборудования снабжен одним или несколькими **входными диодными мостами**, предназначенными для преобразования синусоидального сигнала переменного напряжения частотой 50...60 Гц в выпрямленный сигнал постоянного напряжения. Этот сигнал понижается перед подачей в электронные устройства или подается непосредственно на инвертор электродвигателя. В статье представлен инновационный подход компании **International Rectifier** к реализации входного моста с использованием самозапускаемой технологии **синхронного выпрямления** на базе микросхем **IR1166** и **IR1167**. Эта технология позволяет реализовать простое устройство с четырьмя контактами, являющееся прямой высокоэффективной заменой существующих стандартных входных выпрямителей.

С появлением устройств электронного управления в повседневной жизни используется все меньше приборов, напрямую подключенных к сетям питания переменного напряжения. Как правило, переменное напряжение преобразуется в постоянное, а последнее используется для питания электронных приборов или электродвигателей с преобразователями, которые приходят на смену старомодным индукционным электродвигателям переменного напряжения. Кроме того, в тех случаях, когда это возможно, используется активная, а не пассивная компенсация коэффициента мощности (конденсаторная батарея). Это означает, что входной диодный мост устанавливается всегда, независимо от того, используется в системе каскад PFC или нет. Распространенная схема реализации этого принципа показана на рис. 1. Такая схема обладает малой эффективностью, поскольку, независимо от номинала тока, два связанных диода всегда находятся в состоянии пропуска тока, вызывающем постоянное выпадение сигнала и последующую потерю мощности в зависимости от величины тока.

Во многих случаях, когда мощность, подаваемая на выход, не очень высока, а мощность, рассеиваемая на четырех диодах, низка, эта конфигурация может оставаться хорошим экономичным решением.

Синхронное выпрямление

Известно, что в состав МОП-структуры входит паразитный диод, включенный параллельно полевому транзистору, поэтому полный мост можно получить при помощи четырех полевых транзисторов, как показано на рис. 2.

Напряжение на контактах стандартного диода составляет 0,6...1 В, в зависимости от тока, протекающего через него, и технологии, с использованием которой диод изготовлен, и это является основной причиной потери мощности в мосте. Худший вариант возможен в случае использования только корпусного диода полевого транзистора, но если запуск этого транзистора

осуществляется при помощи технологии синхронного выпрямления, корпусный диод пропускает только очень короткую часть сигнала, в зависимости от времени запаздывания управляемых полевых транзисторов, а основная часть синусоидального входного тока проходит через полевые транзисторы. Проведем простой эксперимент: рассмотрим двухволновый (полный) выпрямительный мост и предположим, что напряжение на контактах диода в режиме проводимости равно 0,6 В, сравним его с активным мостом, включающим четыре полевых транзистора с сопротивлением $R_{DS(on)}$ (при температуре 100°C) = 10 МОм. Средний выходной ток системы равен 5 А.

В таблице 1 приведено сравнение полных КПД двух решений.

Практическая реализация и описание цепи

В данном случае понятно, что использование мощных полевых транзисторов в конфигурации активного моста с управлением синхронным выпрямлением — это способ повышения эффективности и снижения необходимости применения или полного отказа от применения дорогой и массивной системы теплоотвода. Использование интегральных схем (ИС) синхронного выпрямления International Rectifier **IR1166** и **IR1167** [1] делает реализацию крайне простой. Полная схема активного моста показана на рис. 3. Включение-выключение каждого полевого транзистора управляется соответствующими ИС, отслеживающими напряжение между соответствующим стоком и истоком. Если напряжение отрицательное, корпусный диод открыт, а полевой транзистор включен; когда напряжение V_{ds} поднимается до 0 В, ИС отключает транзистор.

Чтобы предотвратить возникновение короткого замыкания между высоким и низким плечом полевого транзистора на одном и том же контакте, порог выключения должен быть отрицательным и близким к 0 В. Недостаток состоит в том, что в конце переключения ток снова пойдет через корпусный диод,

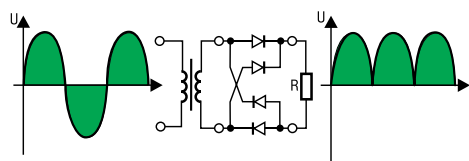


Рис. 1. Входной переменный ток и выпрямленный выходной сигнал

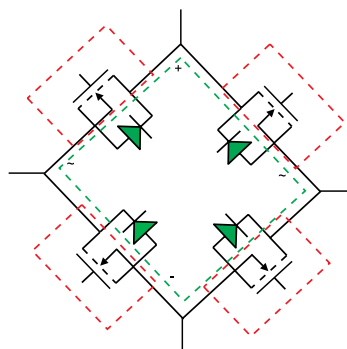


Рис. 2. Мост на полевых транзисторах

но в течение очень короткого времени. С помощью внутренней прецизионной цепи осуществляется постоянное измерение напряжения V_{ds} , необходимое для выполнения этой задачи. Следует отметить, что ИС должна выдерживать очень высокое напряжение на тех же контактах, если полевой транзистор выключен, поскольку другой транзистор, соединенный с этим же контактом, включен. Технической проблемой является установка компаратора, способного обнаруживать напряжения, равные нескольким милливольтам в одном полупериоде, а затем выдерживать напряжение в несколько сотен вольт на тех же измерительных контактах в следующем полупериоде синусоиды. Этого можно добиться с помощью технологии **IR Gen 5 HVIC**, интегрирующей точные и быстрые компоненты низкого напряжения с устройствами высокого напряжения и изолирующими барьерами [2].

Принцип работы

В начале синусоидального цикла начинается протекание тока через корпусный диод, создающий отрицательное напряжение V_{ds} на контактах полевого транзистора, в этот момент ИС включает полевой транзистор, напряжение отпущения на контактах компонента падает до значительно более низкого значения, повышая эффективность системы и снижая потери мощности.

Как только полевой транзистор включается, его необходимо удерживать в таком состоянии до приближения выпрямленного тока как можно ближе к нулевому значению, поэтому можно использовать компаратор нулевого уровня, чтобы определить момент, когда напряжение между стоком и истоком достигнет 0 В. С этой целью порог выключения ИС должен быть отрицательным и близким к нулю, чтобы избежать относительной поперечной проводимости и уменьшить интервал проводимости корпусного диода в конце полупериода. IR1167 — это ИС синхронного выпрямления, время ее внутреннего выключения составляет от наносекунд до микросекунд, однако во время работы на частоте сети питания необходимо поддерживать как можно более пологий фронт гасящего импульса, чтобы избежать ложного срабатывания измерительной цепи ИС. Фактически из-за низкой рабочей частоты и медленного (синусоидального) увеличения тока часто появляется вероятность того, что после первого включения напряжение отпущения полевого транзистора почти мгновенно упадет ниже порога выключения, и ИС начнет включаться и выключаться. Этот процесс выражается затухающими прямоугольными импульсами напряжения затвора полевого транзистора, пока ток не достигнет уровня, необходимого для

Таблица 1. Сравнение потерь мощности между стандартным и активным входным мостом

Расчет		Расчетная потеря мощности, Вт	Прим.
Диод	$2 \times V_F \times I_{AVG} - \text{RECT}$	6	Явно выше
МОП-транзисторы	$2 \times R_{DSon} \times I^2_{in - rms}$	0,6	Снижение на ~90%

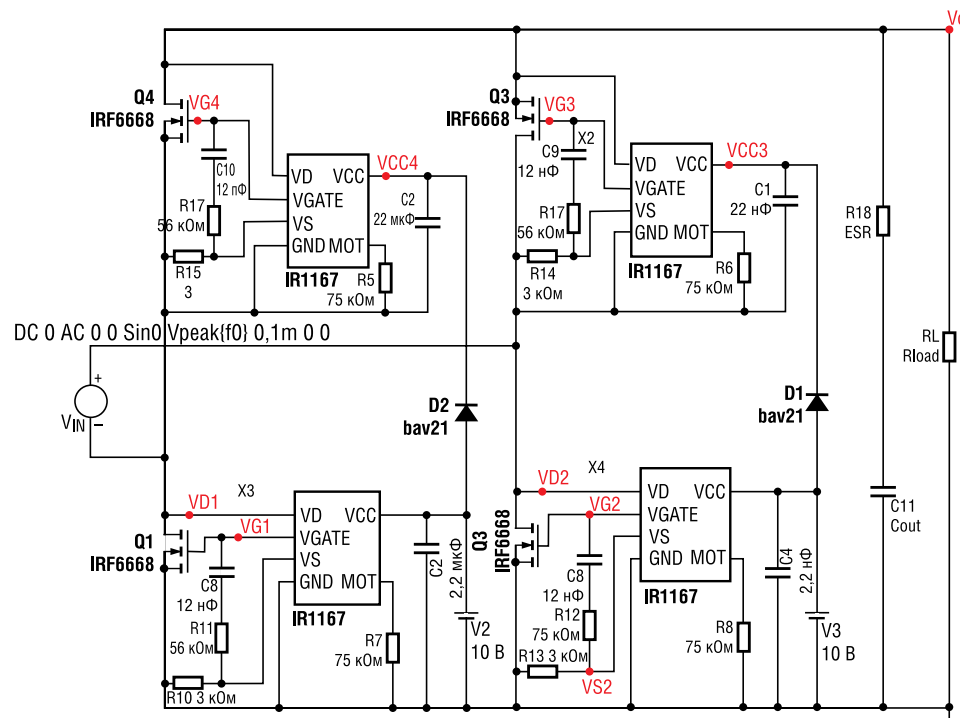


Рис. 3. Практическая реализация активного моста при помощи 4 дискретных ИС IR1167

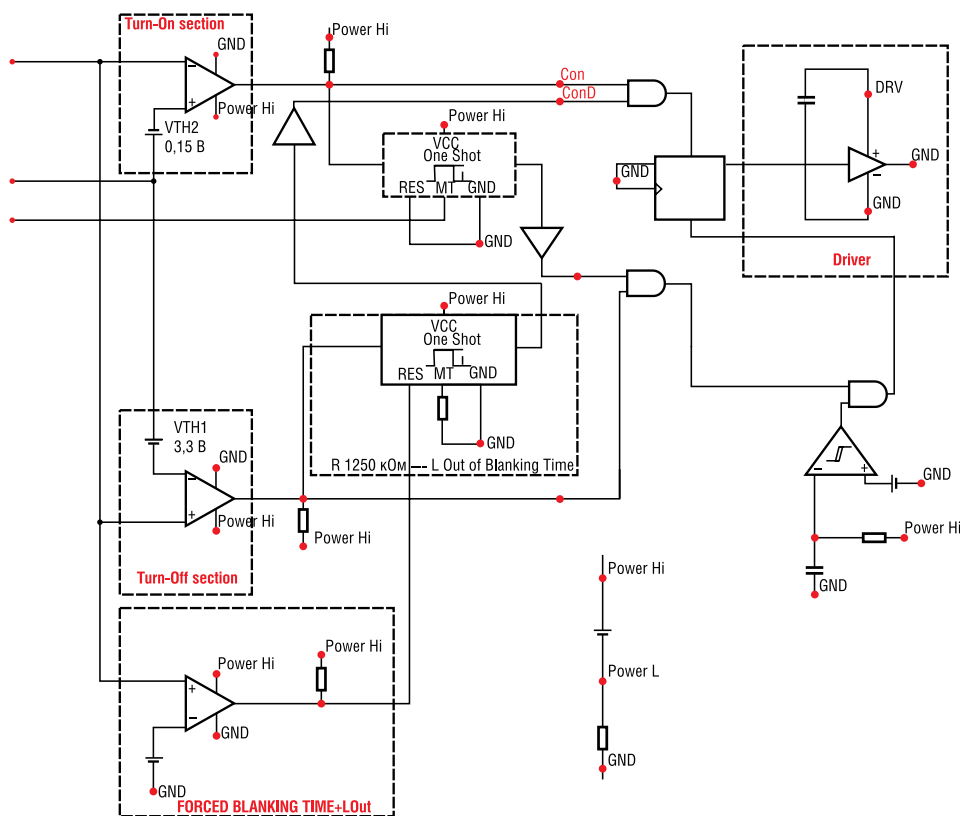
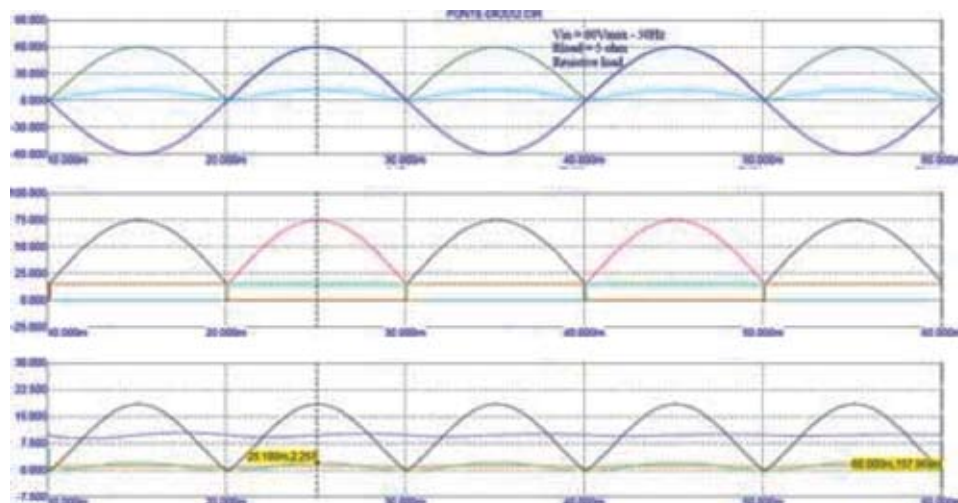
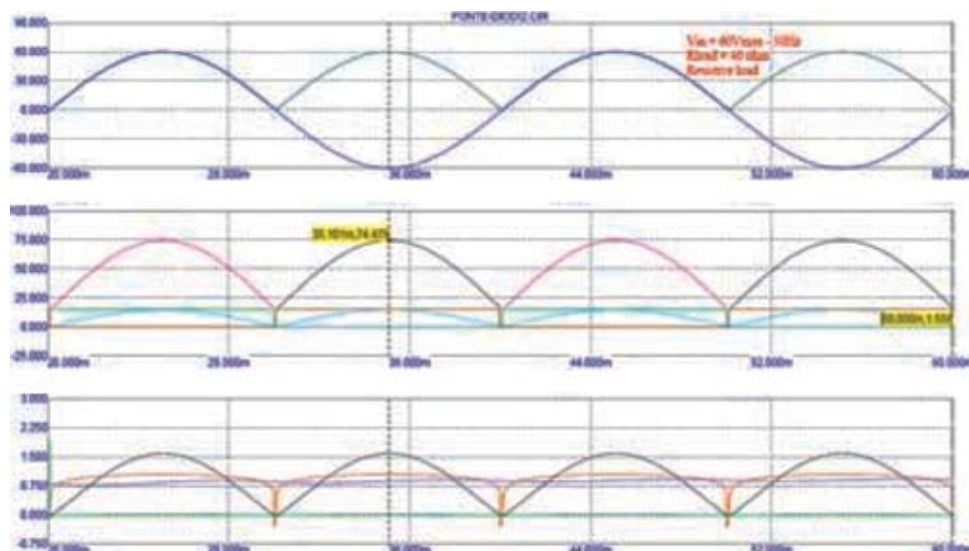


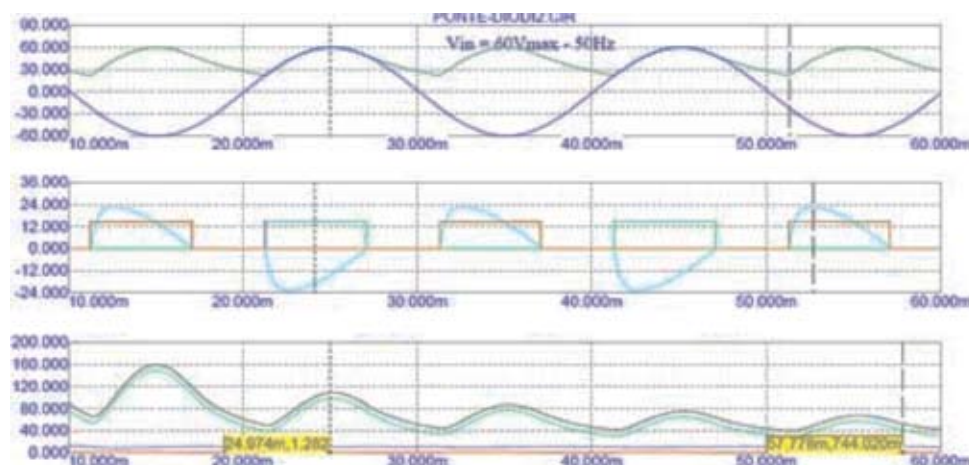
Рис. 4. Электрическая модель IR1167

Рис. 5. $R_{load} = 5 \text{ Ом}$, $C_{out} = 0$

Верхний: V_{in} , V_{out} и V_o , Средний: V_{g1} , V_{g2} , V_{g3} и V_{g4} , Нижний: V_o-V_o (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост), P_{diss} (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост) – P_{diss} (диоды Шоттки)

Рис. 6. $R_{load} = 40 \text{ Ом}$, $C_{out} = 0$

Верхний: V_{in} , V_{out} и V_o , Средний: V_{g1} , V_{g2} , V_{g3} и V_{g4} , Нижний: V_o-V_o (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост), P_{diss} (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост) – P_{diss} (диоды Шоттки)

Рис. 7. $R_{load} = 5 \text{ Ом}$, $C_{out} = 1000$

Верхний: V_{in} , V_{out} и V_o , Средний: V_{g1} , V_{g2} , V_{g3} и V_{g4} , Нижний: V_o-V_o (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост), P_{diss} (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост) – P_{diss} (диоды Шоттки)

формирования напряжения отпущения полевого транзистора во включенном состоянии. Подобный дребезг можно наблюдать в конце полусинусоиды с тем же небольшим уклоном сигнала тока в момент выключения полевого транзистора. Такое функционирование особенно явно заметно при использовании резистивных нагрузок и синусоидального токового сигнала, тогда как в случае с емкостной нагрузкой ситуация иная, поскольку кривая токового сигнала при включении и выключении полевых транзисторов более крутая, и необходим более короткий сигнал выключения. В обычном режиме работы каждый полупериод токового сигнала переключает в состояние проводимости два полевых транзистора в течение интервала, равного половине частоты сети питания (8,3 или 10 мс), дребезг при включении или выключении не возникает. Чтобы увеличить длительность внутреннего сигнала выключения схемы IR1167, мы включили в измерительный контур резистивно-емкостную цепь (RC-цепь), которая будет описана в следующем разделе.

Ограниченное питание и цепи регулировки выключения

Как известно, в каждый полупериод частоты сети питания работают только два полевых транзистора, тогда как другие остаются выключенными, а соответствующие им диоды с объемной проводимостью обладают обратным смещением. Очевидно, что когда транзисторы Q2 и Q4 включены, Q1 и Q3 выключены, а ограничивающий диод D1 допускает накопление заряда ограничивающими конденсаторами C1, питающими устройства высокого плеча IC3; с другой стороны, когда транзисторы Q1 и Q3 включены, диод D2 допускает накопление заряда ограничивающим конденсатором C2, питающим IC4. RC-цепь, установленная между контактами Vgate и Vs каждой ИС, обеспечивает более продолжительный сигнал выключения, необходимый в настоящей схеме. Это просто производная цепь, которая при помощи напряжения переключает затвора, прикладываемого к контактам транзистора, добавляет временный токовый импульс через последовательный резистор, установленный между истоком транзистора и контактами Vs ИС. Результат – искусственное повышение или понижение пороговых значений на определенное время и, таким образом, продление времени выключения, которое можно уменьшить простым изменением значений трех компонентов RC-цепи. Рассмотрим одну из четырех секций, X3, показанную на рис. 3. Во время включения напряжение затвора линейно возрастает, фронт сигнала, разделенный на отрезки, появляется на сопротивлении R10 с положительным

знаком в противоположность контакту Vs. Это перекрывает реальное напряжение отпущения полевых транзисторов и удерживает внутренний компаратор ИС, изображенный в верхнем левом углу рис. 4, от выключения полевого транзистора. С другой стороны, когда ИС выключает затвор, возникает спад сигнала с отрицательным знаком на контакте Vs, эффективно сдвигающий измеренное напряжение и препятствующий включению секции на период, определяемый параметрами RC-цепи.

Моделирование системы

Система реализована в симуляторе Microcap Simulator, подготовлена специализированная модель для ИС IR1167 (см. рис. 4). Особое внимание уделено возможности работы модели IR1167 с плавающим заземлением, поскольку опорным сигналом двух верхних устройств схемы должно быть переменное напряжение сети питания, и использование ими потенциала заземления невозможно. Параметры моделирования следующие:

- $V_{in} = G_{OVpeak}$
- $F = 50$ Гц
- $R_{load} =$ от 5 до 40 Ом
- $G_{out} =$ от 0 до 1000 мкФ – ESR = 300 МОм

Для проверки функциональности системы и эффективности замысла необходимо выполнить несколько попыток моделирования до начала реальной аппаратной реализации.

Резистивная нагрузка

Первая серия моделей создана с целью сравнения функционирования активного моста с функционированием стандартного моста на основе диодов Шоттки, на последующих рисунках будут показаны полученные результаты. Мост на основе диодов Шоттки построен из четырех устройств **MBR10100** в корпусе TO220AB, для построения активного моста использован полевой транзистор DirectFet **IRF6644** с поддержкой напряжения 100 В. На рис. 5 показан вариант с максимальной нагрузкой (5 Ом), с максимальным пиковым выходным током 12 А и средней выходной мощностью около 360 Вт. В этом случае мы можем видеть синусоидальное выходное напряжение (зеленая кривая) и ток (светло-голубая кривая), а в центре отображаются прямоугольные импульсы напряжения затворов полевых транзисторов низкого плеча. Также заслуживает внимания синусоидальная форма плавающего напряжения затвора МОП-структуры, изображенной на среднем графике, поскольку она должна соответствовать входной синусоиде с положительным сдвигом, равным 10,7 В (V_{gate}).

На третьем графике показано увеличение мощности при применении ак-

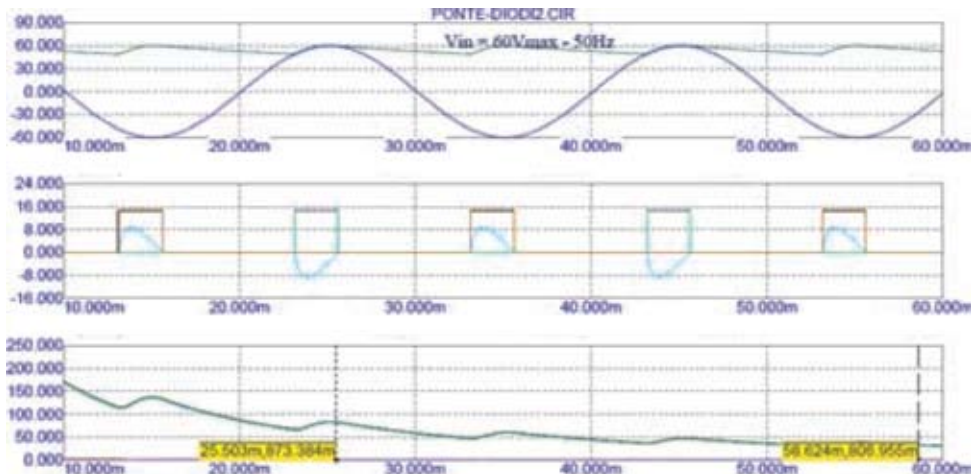


Рис. 8. $R_{load} = 40$ Ом, $C_{out} = 1000$

Верхний: V_{in} , V_{out} и V_o , Средний: V_{g1} , V_{g2} , V_{g3} и V_{g4} , Нижний: V_o-V_o (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост), P_{diss} (диоды Шоттки), P_{diss} (активный мост) – P_{diss} (диоды Шоттки)

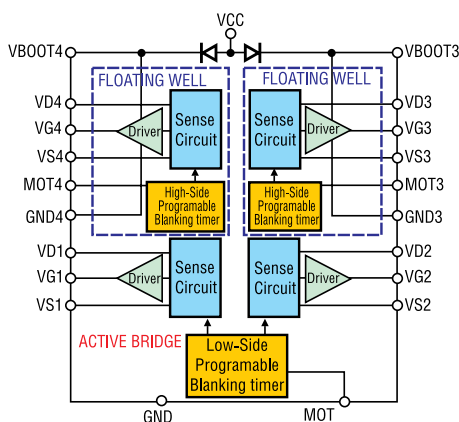


Рис. 9. Предложение нового контроллера активного моста



Рис. 10. Прототип активного моста

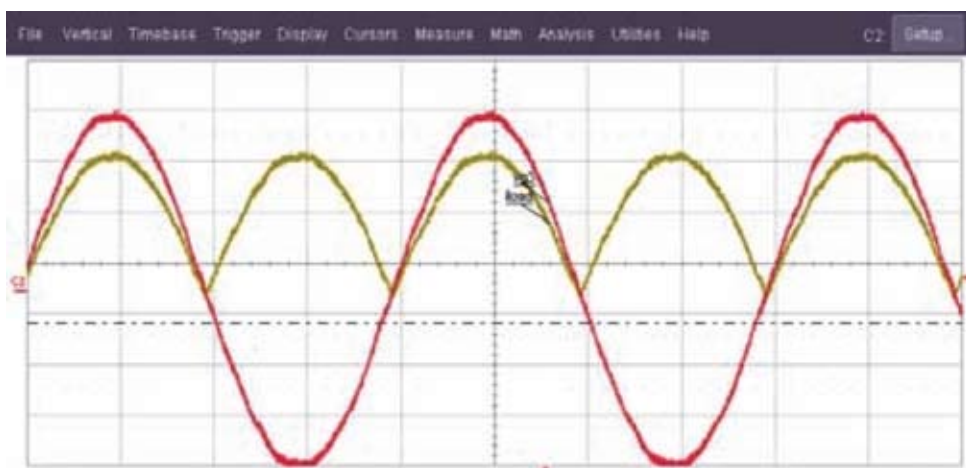


Рис. 11. Входное напряжение и выпрямленный выходной ток с идеальной резистивной нагрузкой

тивного решения: синусоидой черного цвета показана мощность, рассеиваемая четырьмя диодами, которая достигает пика 18 Вт, тогда как тот же пик активного моста едва достигает значения 2,25 Вт, разность средних значений, показанная голубой кривой, составляет примерно 10 Вт. На малых нагрузках ситуация может отличаться, а более

сложная цепь может не дать достаточного преимущества по сравнению с простым мостом, построенным из четырех диодов. Однако на рис. 6 приведены интересные результаты.

В последнем случае выходная мощность составляет всего 45 Вт, мы также получили большую разность с точки зрения пиковой рассеиваемой мощно-

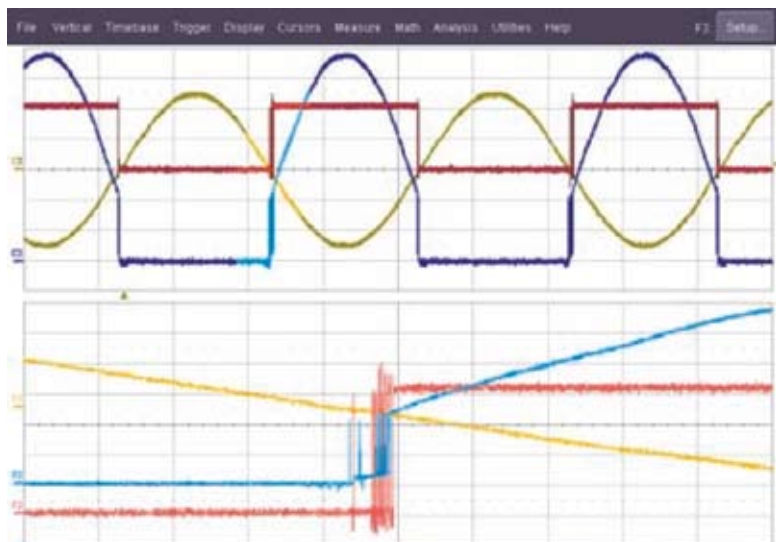


Рис. 12. Верхний: входной ток, сигнал затвора низкого плеча (красный), сигнал затвора высокого плеча (голубой), нижний: паразитные переключения сигналов затворов

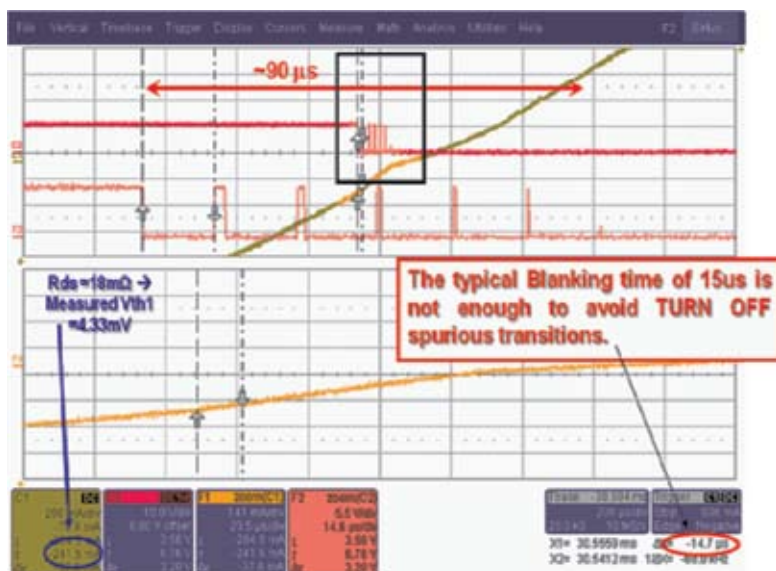


Рис. 13. Паразитные переключения затвора низкого плеча (красный) во время выключения

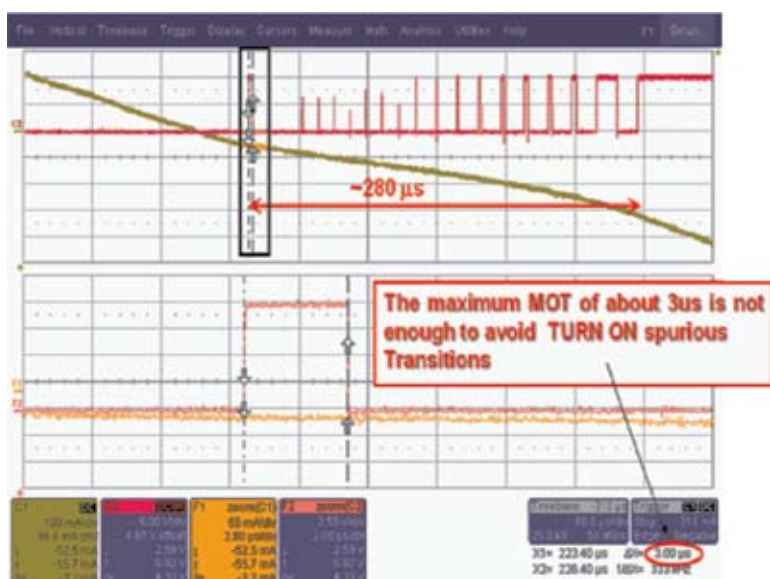


Рис. 14. Паразитное переключение затвора низкого плеча (красный) во время включения

сти, которая составляет 0,036 Вт против 1,6 Вт, а средняя разность значений потери мощности — около 1 Вт.

Емкостная нагрузка

Емкостная нагрузка является более реальной для применения в силовом AC-DC-преобразователе. На рис. 7 и 8 показаны результаты моделирования с сопротивлением, равным соответственно 5...40 Ом, а суммарная выходная емкость равна 1000 мкФ. Среднее уменьшение потерь мощности изменяется с 20% при большой нагрузке (5 Ом) до примерно 5% при малой нагрузке (40 Ом). Также стоит обратить внимание на то, что размер корпуса диодного моста, построенного из четырех диодов MBR10H100, занимает примерно 580 мм² площади против только 120 мм² в случае использования четырех транзисторных схем IRF6644. Таким образом, экономия места составляет приблизительно 80%.

Реализация ИС

В предлагаемом на рис. 9 контроллере на основе активного моста, благодаря технологии IR GENS, внутренние каскады, запускающие два полевых транзистора высокого плеча Q3 и Q4, могут быть реализованы двумя отдельными плавающими эпитаксиальными карманами внутри одной ИС. Для предохранения двух внешних компонентов в схему также можно интегрировать два ограничивающих диода. Дополнительную RC-цепь, которая предназначена для защиты от паразитных переключений, можно заменить отдельными блоками регулировки времени выключения для каждой секции драйвера, чтобы оптимизировать время задержки разных полевых транзисторов с разными требованиями нагрузки. В дальнейшем лучшие полевые транзисторы IR, ограничивающие конденсаторы и ИС управления активным мостом можно интегрировать в одном корпусе, получив повышенную удельную плотность и обеспечив реализацию простого устройства. Такая схема становится высокоэффективной заменой существующим стандартным входным выпрямительным диодным мостам.

Реализация аппаратуры

Схема создана и протестирована в нашей лаборатории. На рис. 10 показан первый прототип, изготовленный из четырех дочерних плат IRAC-D2. На нескольких следующих рисунках показаны реальные графики сигналов, полученных с применением идеальной резистивной нагрузки (например, каскад RFC) и емкостной нагрузки. В конце главы мы покажем значения повышения эффективности и уменьшения потерь мощности в сравнении со стандартными мостами, построенными на основе диодов Шоттки.

На рис. 11 и 12 показано функционирование активного моста с идеальной

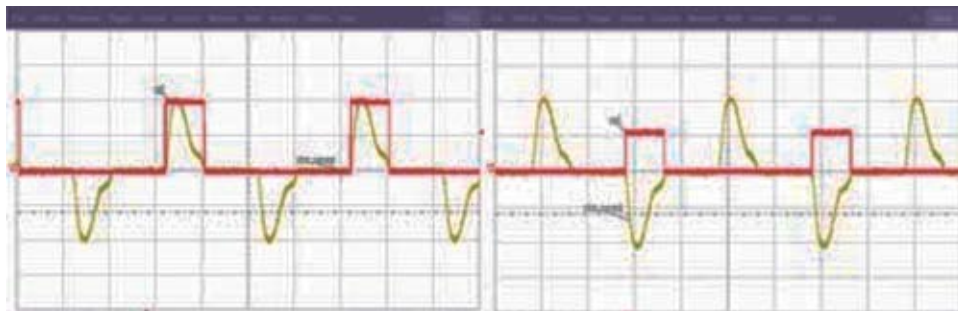


Рис. 15. Vg1, Vg2: сигнал затвора Q1 и Q2 и ток сети питания под RC-нагрузкой R=22 Ом, C=470 мкФ

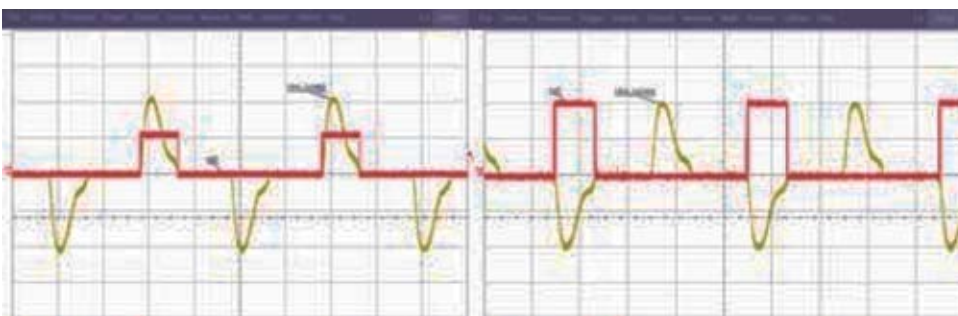


Рис. 16. Vg3, Vg4: сигнал затвора Q2 и Q4 и ток сети питания

резистивной нагрузкой. Интересно отметить эффект паразитного переключения сигнала как низкого плеча (красная кривая), так и высокого плеча (голубая кривая) без включения внешней маскирующей RC-цепи.

Эти ситуации показаны на рис. 13 и 14, соответственно, в состоянии включения и выключения затвора полевого транзистора низкого плеча.

После того, как ИС выключает левой транзистор, возникают паразитные переключения, длящиеся в течение 90 мкс. Можно легко увидеть, что первое колебание происходит через 15 мкс после истечения времени внутреннего сигнала выключения IR1167. Остальные колебания происходят с одинаковой задержкой. Во время включения, наоборот, полевой транзистор не может оставаться во включенном состоянии более 3 мкс, и только через 280 мкс уровень тока становится достаточно высоким, чтобы избежать колебаний. Таким образом, минимального времени включения (MOT) 3 мкс и минимального времени выключения 15 мкс (тип.), заложенных в схеме IR1167, недостаточно, чтобы избежать паразитных переключений, поэтому из-за медленного синусоидального изменения тока и продолжительного времени выключения добавлена специализированная схема.

Аналогичная проблема, хотя и не настолько очевидная, возникает со стандартной резистивно-емкостной нагрузкой, поскольку изменение тока происходит быстрее. На рис. 15 и 16 показаны все сигналы затворов с установленной цепью времени выключения

каждого полевого транзистора в сравнении с током сети питания.

Результаты оценки эффективности

Чтобы удостовериться в эффективности замысла, мы сравнили две схемы активного моста с различными входными напряжениями 100 и 40 В и различной выходной мощностью со стандартными мостами, построенными на основе диодов Шоттки.

На рис. 17 и рис. 18 показаны полученные результаты: для построения системы, рассчитанной на напряжение 40 В, мы использовали четыре схемы **IRF6613** (DirectFet, корпус medium Can) против четырех схем **SS34** в корпусе SMC; для построения системы, рассчитанной на напряжение 100 В, мы использовали четыре схемы **IRF6644** (DirectFet, кор-

Использование мощных полевых транзисторов в конфигурации активного моста с управлением синхронным выпрямлением – это способ повышения эффективности и отказа от применения теплоотвода. Использование интегральных схем (ИС) синхронного выпрямления International Rectifier **IR1166** и **IR1167** делает реализацию такого моста крайне простой.

пус medium Can) против четырех схем **MBR10H100** в корпусе TO263.

В случае, показанном на рис. 17, повышение эффективности составило 5,5% при входном напряжении 20 В и выходной мощности около 50 Вт. Причиной является повышенный ток, протекаю-

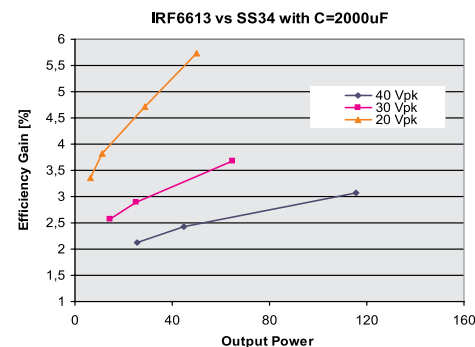


Рис. 17. Результаты эффективности, низкое входное напряжение

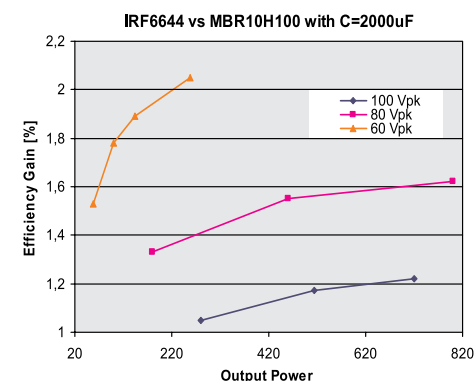


Рис. 18. Результаты эффективности, среднее входное напряжение

щий через полевые транзисторы, демонстрирующие намного более низкое падение сигнала, чем диоды.

При повышении входного напряжения и понижении выходного тока повышение эффективности становится менее заметным, но все еще остается высоким — от 2 до 3%. Три сигнала ограничены по мощности, чтобы снизить пиковый ток, поступающий в устройства на приемлемом рабочем уровне в сравнении с номинальными значениями Id и If. На рис. 18 повышение эффективности продемонстрировало ту же тенденцию: при входном напряжении 60 В и выходной мощности 250 Вт ток намного выше, а повышение эффективности составляет 2%; при на-

пряжении 100 В повышение эффективности опускается до примерно 1,1...1,3% в зависимости от нагрузки. Последний случай выглядит менее привлекательным с точки зрения баланса преимуществ и стоимости, однако необходимо помнить, что четыре схемы IRF6644 намного меньше,

чем диоды в корпусе TO263: каждая схема DirectFet занимает примерно на 80% меньше площади и на 95% меньше объема, чем диоды.

Это решение сочетает экономию пространства с более высокой удельной мощностью, зачастую позволяющей отказаться от использования массивных теплоотводов.

Выводы

Использование полевых транзисторов, а лучше транзисторов DirectFET в конфигурации входного активного моста (с синхронным управлением выпрямлением) — это способ повышения эффективности и удельной мощности, позволяющий обойтись без массивной системы отведения тепла. На схеме, изображенной на рис. 3, показано, как собрать простой полнопериодный входной мостовой выпрямитель при помощи устройств, доступных на рынке, а на рис. 9 показана новая ИС контроллера активного моста.

Как видно из графиков, повышение эффективности очень заметно, а преимущества могут отличаться в зависимости от выходной мощности:

а) при высоком выходном напряжении повышение эффективности не представляет особой важности, особенно при передаче высоких номиналов мощности, но тогда намного меньшее рассеяние мощности моста можно использовать

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

В 11 номере журнала за 2009 год на стр. 29 допущена опечатка.

Название табл. 2 следует читать: «Характеристики переключателей».

Первый абзац на странице следует читать:
«Texas Instruments предлагает достаточно сбалансированные решения для применения в видеосистемах. Баланс заключается в оптимальных, часто — взаимозависящих, технических характеристиках ключей. Например, при достаточно низком сопротивлении во включенном состоянии также обеспечивается очень высокая скорость переключения.»

для решений меньших размеров с минимальным тепловыделением;

б) при низком выходном напряжении эффективность становится важнейшим отличием и для низких выходных токов.

Литература

[1] М. Салато (M. Salato), А. Локхандвала (A. Lokhandwala), М. Солдано (M. Soldano). International Rectifier. AN-1087 Построение выпрямителя вторичного плеча при помощи ИС управления IR1167 SmartRectifier™

[2] International Rectifier. Техническое описание ИС управления интеллектуальным выпрямителем IR1167S

[3] Аднаан Локхандвала (Adnaan Lokhandwala), Маурицио Сала-

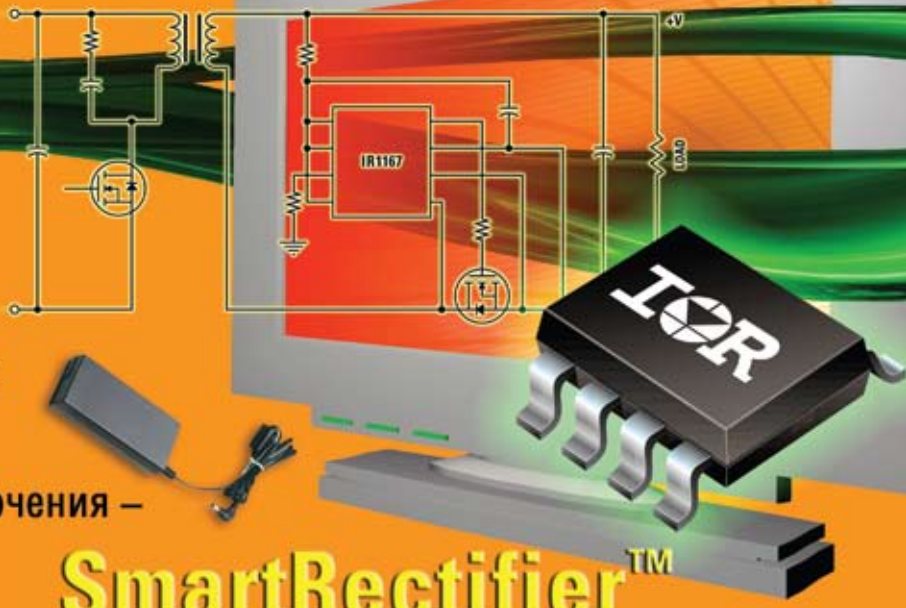
то (Maurizio Salato), Марко Солдано (Marko Soldano). Конференция разработчиков портативных источников питания 2006. Новая ИС управления выпрямлением выходного сигнала повышает эффективность и тепловые характеристики внешних AC-DC преобразователей питания

[4] Заявка на получение патента США №2005/0122753 А1 от 9 июня 2005 г. 

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



IR1167 – простой путь построения активного диодного моста



- Технология Gen5 HVIC
- Синхронное выпрямление
- Время внутреннего выключения — от нано- до микросекунд

SmartRectifier™



Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403



Компэл
www.compel.ru