

№18 (64), 2008 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:

Анна Кузьмина

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Алексей Гуторов
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Валерий Куликов
Александр Райхман
Борис Рудяк
Игорь Таранков
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:

Анна Кузьмина

Электронная подписка:

www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж – 1500 экз.

© «Новости электроники»

Подписано в печать:

10 декабря 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *INTERNATIONAL RECTIFIER*

Задача – эффективное управление энергопотреблением <i>Олег Хайкин</i>	3
Обзор продукции International Rectifier <i>Виталий Берелидзе</i>	5
Конфигурируемые контроллеры электропривода серии IRMCK <i>Виталий Берелидзе</i>	8
Новое поколение модулей IRAM <i>Константин Староверов</i>	12
Интеллектуальные приводы для насосов систем водоснабжения и канализации <i>Дмитрий Еськин</i>	17
POL-преобразователи SupIRBuck <i>Константин Староверов</i>	20
Новая серия МОП-транзисторов IRFP4xxx с ультранизким сопротивлением канала <i>Евгений Звонарев</i>	24
Новые семейства высокоэффективных низковольтных MOSFET <i>Владимир Башкиров</i>	29

International IR Rectifier



ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

Недавно я задал друзьям, не занимающимся электроникой, вопрос: могут ли они вспомнить основанную выходца

ми из России крупную компанию, добившуюся успеха на международном уровне. Слегка напрягшись, друзья выдали две фамилии: Игорь Сикорский (*Sikorsky Aircraft*) и Сергей Брин (*Google*). Кто-то, шутки ради, сказал: «Роман Абрамович, «Челси». Меж тем, в сфере электронных компонентов существует как минимум две компании, основанные выходцами с территории бывшей Российской империи (если быть точным — из Литвы). Это Vishay Intertechnology, созданная Феликсом Зандманом, и International Rectifier, созданная Эриком Лидовым.

С первого марта 2008 года «русский элемент» компании International Rectifier еще более усилился: президентом и CEO стал выходец из России Олег Хайкин, один из ведущих специалистов по корпусированию и сборке полупроводников, организатор полупроводникового производства, бывший директор по производству и маркетингу компании Amkor Technology. Это первый президент компании, не носящий фамилию Лидов. То, что семейный бизнес в кризисные

времена доверили вести подобному специалисту, говорит о многом. Прежде всего — о том, что IR делает ставку на качество, совершенствование техпроцесса и инновации.

Что все это может означать для российских разработчиков, помимо законной гордости от работы с продукцией компании, возглавляемой соотечественником? Сфера деятельности IR — управление электропитанием, электропривод, силовая электроника. В последние два года компания сконцентрировала усилия на интеллектуальных продуктах в этой области. Ключевыми понятиями для IR стали энергосбережение и интеллектуальное управление. Все это особенно важно в нынешний период. И прежде всего — в такой универсальной области, как электропитание. Эффективное управление электродвигателями — одна из ключевых тем в энергосбережении. Поэтому фокусной темой этого номера журнала, посвященного продукции International Rectifier, стал электропривод.

Как всегда, ждем ваших вопросов и предложений.

С уважением,
Геннадий Каневский



Олег Хайкин (International Rectifier)

ЗАДАЧА – ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

«Страсти, разгоравшиеся в зале заседаний совета директоров International Rectifier в течение последнего года, были бы более уместны в высокобюджетных телесериалах компании HBO с расследованиями хитроумных сделок и недружественными поглощениями. Но теперь, когда у руля компании стоит Олег Хайкин, компания надеется оставить эти страсти в прошлом и сконцентрироваться на том, что она делает лучше всех – на производстве силовых компонентов». Это – цитата из интервью, данного президентом и CEO компании International Rectifier Олегом Хайкиным журналу EPN. Мы публикуем перевод этого интервью.

EPN: Компания International Rectifier пережила трудные 12 месяцев. Что Вы предприняли с момента вступления в должность CEO, чтобы восстановить веру ваших сотрудников в компанию?

Олег Хайкин: Да, компания выдержала множество испытаний в течение последнего года, но это только придало нам жизненных сил. Сейчас мы готовы двигаться дальше и сфокусировать наши усилия на создании инновационных решений в области управления электропитанием. При вступлении в должность CEO я решил посетить наши подразделения в Азии, Европе и Северной Америке. Я поставил себе задачу встретиться с сотрудниками компании, которые были вовлечены во все стороны работы с клиентами (отделы продаж, маркетинг, инженеры по применению). Это позволило мне понять, что делает International Rectifier сильнее и каким образом можно поднять боевой дух сотрудников компании. Я думаю, что именно сейчас мы готовы решить самые сложные задачи, стоящие перед нами.

EPN: На протяжении 60 лет International Rectifier была фактически семейной компанией. Думаете ли Вы, что отход от этого принципа стал важным этапом на пути развития компании, и при-

несет ли это пользу компании в будущем?

О.Х.: Компания имеет долгую историю. Это одна из старейших компаний в полупроводниковой индустрии, она присутствует на Нью-Йоркской фондовой бирже уже около 50 лет. Несмотря на то, что наш основатель, Эрик Лидов (*Eric Lidow*), теперь занял пост председателя совета директоров, все его идеи будут воплощаться в компании и ценности, которые он внедрил, будут существовать и развиваться. Каждая компания должна пройти через такие изменения. Мы вступаем в новую фазу развития International Rectifier.

EPN: Почему Вы приняли решение прийти в International Rectifier?

О.Х.: Меня привлекло то, что компания разрабатывает современные технологии, имеет богатую историю технологических инноваций, портфель лучших на рынке продуктов и сильную клиентскую базу. Я ожидаю, что при усилении этих факторов мы увеличим рост продаж существующих и новых продуктов и технологических платформ, и в то же время увеличим нашу производственную и организационную эффективность.

EPN: Разработка инновационных технологий преобразования энергии – это ключевая особенность, отличающая компанию от ее конкурентов. Считаете ли Вы,

International
IOR Rectifier

что Ваш опыт работы в сфере производства полупроводников будет полезен здесь?

О.Х.: Мой опыт, приобретенный в процессе работы в разных сферах бизнеса и производства, включает такие важные области, как стратегическое планирование, маркетинг и продуктовый маркетинг.

EPN: Есть ли какой-нибудь особый опыт, приобретенный Вами в предыдущих компаниях, который, по Вашему мнению, придаст дополнительный импульс бизнесу компании International Rectifier?

О.Х.: На своих предыдущих должностях я получил хороший опыт финансовой работы и стратегического планирования динамики рынка. Этот опыт, вместе с опытом производственной и операционной деятельности, полученным в недавнем прошлом в Amkor Technology, будет ключевым в управлении и развитии International Rectifier.

EPN: Можно ли сказать, что инновации в технологиях корпусирования на данный момент более важны, чем процессы производства полупроводников?

О.Х.: Это не просто вопрос преимуществ одного над другим. Главное – работа всей системы кристалл-корпус для оптимизации производительности. Новые разработки должны создаваться с учетом всех важных факторов, только так можно решить задачу эффективного управления энергопотреблением. Наша платформа **iMotion** – хороший тому пример. Комбинируя цифровую, аналоговую и силовую части с алгоритмами, корпусами, программным обеспечением и инструментарием для разработки, мы создали законченное решение, которое потребитель

может быстро и легко интегрировать в свой проект.

EPN: Компания International Rectifier продала часть своих устаревших технологий компании Vishay, чтобы сконцентрироваться на современных продуктах, дающих более высокую прибыль. Значит ли это, что сейчас компания полностью избавлена от лишнего багажа, или все еще существуют другие подразделения, которые необходимо рационализировать? В то же время, видите ли Вы возможность покупки новых технологий через поглощение компаний, их разработавших?

О.Х.: Компания была, что называется, «расфокусированной», и необходимо было убедиться, что она сконцентрирует усилия на тех секторах, где она опережает своих конкурентов. Сейчас у нас есть большой арсенал инновационных технологий и продуктов, наша линейка новых продуктов, выходящая вскоре, очень обширна, поэтому я не вижу причин что-либо менять. По поводу возможных поглощений, если это будет иметь стратегическое значение, тогда, конечно, мы будем рассматривать такие возможности.

EPN: Хотя компания всегда считала эффективное использование ресурсов основным двигателем продаж своей продукции, и значение этого фактора в разработке электроники здесь, на Западе, постоянно растет, будет ли действовать эта тенденция в развивающихся странах? Очевидно, что в Индии автомобиль TATA стоимостью \$1000 более привлекателен, чем автомобили с гибридными двигателями, а в Китае большинство населения предпочитает самые дешевые изделия и не самую энергоэффективную потребительскую технику. Не получится ли так, что внедрение экономичных технологий здесь будет неуместным?

О.Х.: С экспоненциальным ростом стоимости электроэнергии во всем мире энергетическая эффективность при выборе электроники становится все более важным фактором для потребителей. Теперь они смотрят не только на стоимость самого прибора, теперь они долж-

ны думать и о расходах в процессе его эксплуатации. Очевидно, так же как и на Западе, этого не смогут избежать и люди, живущие в развивающихся странах. Это коснется каждого во всем мире.

EPN: Компании, производящие серверы и хранилища данных, оказывают большое давление на производителей процессоров с целью повышения энергетической эффективности и управления тепловыделением их чипов. В свою очередь, производители процессоров выдвигают жесткие требования, с которыми производители силовых микросхем, такие как International Rectifier, должны идти в ногу. Насколько тесным является ваш контакт с такими компаниями как AMD и Intel, и чувствуете ли вы, что вы в состоянии предоставить им то, чего они ожидают?

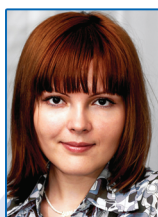
О.Х.: Рынок серверов — это та область, где компания четко демонстрирует, как мы можем помочь сократить потребление и увеличить производительность. Только при тесном взаимодействии корпораций в этом секторе стала возможной разработка таких продуктов как Xphase, DirectFET, SupIRBuck — наших микросхем

мониторинга энергопотребления, которые позволяют создавать оптимизированные системы управления электропитанием и достигать высочайших показателей производительности процессорных систем.

EPN: В течение последних нескольких лет International Rectifier продвигала свои решения для управления многофазными двигателями, и в последние полтора года пополнила этот список решениями для управления многофазными насосами. Насколько хорошо эти решения были приняты промышленностью, и сколько пройдет времени, прежде чем эти решения станут стандартом в европейских и американских домах?

О.Х.: Это прорывные технологии, и адаптация их к повседневному применению займет некоторое время. Тем не менее, первые пользователи уже увидели значительное увеличение энергоэффективности, а также существенный рост скорости работы, которое демонстрируют эти решения. Мы напрямую работаем с множеством ключевых производителей электроники, поставляя энергосберегающие решения, уже доступные для потребителей. **5**

БИЗНЕС-ГРУППА КОМПЭЛ ПО ПРОДУКЦИИ INTERNATIONAL RECTIFIER



Людмила Горева —
менеджер по продукции



Виталий Берелидзе —
инженер по применению

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО INTERNATIONAL RECTIFIER В РОССИИ



Борис Омаров —
руководитель представительства



Владимир Башкиров —
инженер по применению



Виталий Берелузе (КОМПЭЛ)

ОБЗОР ПРОДУКЦИИ INTERNATIONAL RECTIFIER

После продажи в начале 2007 года части бизнеса компании Vishay, компания **International Rectifier** сконцентрировалась на наиболее технологичной и перспективной продукции. Предлагаемый обзор посвящен тому, чем занимается компания сегодня.

Компанию **International Rectifier** отличает системный подход в производстве электронных компонентов. Компания успешно сочетает как разработку и производство новейших изделий, так и создание платформ, новых направлений для внедрения компонентов. Все новейшие разработки International Rectifier направлены на повышение энергоэффективности конечных решений.

Увеличение стоимости электроэнергии стимулирует активное развитие и внедрение энергосберегающих технологий. Продукция International Rectifier для энергосбережения охватывает следующие области применения:

- Светотехника — электронные балласты для люминесцентных ламп и ламп высокого давления;
- Электропривод — платформа iMotion и цифровые контроллеры векторного управления электроприводом, интеллектуальные модули для электропривода;
- Источники питания — корректор коэффициента мощности IR1150, ШИМ-контроллеры, синхронные выпрямители, контроллеры и драйверы серии iP200x и iP120x, платформа SupIRBuck, контроллеры для многофазных систем.

Отдельно следует выделить продукцию International Rectifier для высоконадежных применений — тяжелых условий эксплуатации, авиации и космоса. Вся продукция такого типа производится по отдельному технологическому процессу и проходит полный цикл квалификационных испытаний по стандартам в со-

ответствии с областью применения. В списке высоконадежной продукции International Rectifier присутствуют как традиционная продукция — MOSFET, IGBT, сверхбыстрые диоды и диоды Шоттки, драйверы и оптореле, — так и целая гамма интегральных стабилизаторов напряжения, модульных источников питания, решений для электропривода.

Также следует отметить традиционно высокий уровень поддержки разработчиков. По новинкам продукции предлагаются референс-дизайны с полным описанием по применению. Высококвалифицированные специалисты инженерного центра International Rectifier оказывают полную техническую поддержку и сопровождение проектов вплоть до начала серийного производства.

Помимо перечисленного, International Rectifier предлагает пакет программных продуктов для расчета. Доступны версии как для онлайн-расчета, так и версии для установки на компьютере разработчика, в зависимости от программы:

- Power Factor Correction — онлайн-расчет и моделирование корректора коэффициента мощности;
- Point of Load — онлайн-расчет и моделирование источников питания iPower;
- Motor Control — онлайн-расчет и моделирование интеллектуальных модулей для электропривода;
- Lighting — расчет и моделирование электронных балластов, доступный для загрузки;

International IOR Rectifier

- Synchronous Rectification — онлайн-расчет и моделирование синхронных выпрямителей;

- Bus Converter — онлайн-расчет и моделирование DC/DC-преобразователей;

- Motor Control — онлайн-компилятор для конфигурирования цифрового контроллера управления электроприводом для платформы iMotion.

В линейке продукции International Rectifier можно выделить целый ряд новинок, подтверждающий традиционно высокий статус компании-лидера. Новая продукция будет более подробно рассмотрена в отдельных статьях этого выпуска.

В разработке и производстве MOSFET International Rectifier занимает лидирующие позиции в производстве благодаря новым разработкам. Последним событием International Rectifier в производстве MOSFET явилось появление серии Trench MOSFET. Отличительной особенностью новой технологии является существенное снижение сопротивления перехода: до двух с половиной раз по сравнению с предыдущим поколением MOSFET. Совокупность низкого сопротивления канала и высоких динамических характеристик позволяет производителям существенно уменьшить размеры теплоотвода, размеры устройства в целом и в пределах тех же габаритов получить существенно большую выходную мощность устройства. Это также позволяет избежать параллельного включения MOSFET.

International Rectifier выпускает большой ассортимент продукции как в корпусах общепромышленного стандарта, так и в корпусах с высокой тепло-

вой эффективностью DirectFET. MOSFET-транзисторы, произведенные по технологии DirectFET®, доступны на рынке с 2001 года. Тем не менее, ряд уникальных характеристик и активное развитие этого вида продукции позволяют отнести их к наиболее привлекательной и перспективной продукции. Таковыми являются DirectFET® с кристаллами TrenchFET нового поколения. Новые транзисторы отличаются низким сопротивлением канала и низким зарядом затвора.

Производство IGBT-транзисторов является традиционной продукцией International Rectifier. В 2007 году International Rectifier представил шестое поколение кристаллов IGBT, изготовленных по технологии Trench IGBT. Новые IGBT имеют номинальный ток на 60% выше по сравнению с предыдущим поколением.

Микросхемы драйверов IGBT и MOSFET являются неотъемлемой частью любой современной преобразовательной техники, будь то источник питания, инверторный сварочный аппарат или электропривод. Одновременно с производством силовых полупроводников International Rectifier активно ведет разработку микросхем драйверов. International Rectifier первой на рынке предложила драйвер ключа верхнего уровня без гальванической изоляции и с подключением к минусу силовой шины, а также управление ключом через схему смещения уровня. Началось производство пятого поколения высоковольтных микросхем драйверов HVIC (High-Voltage Integrated Circuit), имеющих ряд дополнительных функциональных возможностей, высокую устойчивость к скорости нарастания напряжения (du/dt до 50 кВ/мкс), более высокую степень интеграции, более низкую стоимость.

Появление интеллектуальных силовых модулей для электропривода явилось ответом International Rectifier уже сложившемуся рынку интеллектуальных модулей. Целый ряд инноваций в разра-

ботке нового поколения драйверов, кристаллов IGBT и технологий корпусирования позволил International Rectifier выпустить на рынок новую линейку интеллектуальных силовых модулей, качественно отличающихся от аналогичных модулей других производителей. Успех первого поколения предопределил появление второго поколения интеллектуальных модулей с применением новых драйверов, кристаллов Trench IGBT, усовершенствованной технологии корпусирования модулей, позволившей увеличить номинальный ток модулей в 1,5 раза, и с целым рядом усовершенствованных основных характеристик.

В области преобразования электрической энергии International Rectifier также является безусловным лидером рынка силовой электроники. Появление контроллера корректора коэффициента мощности **IR1150** с патентованной технологией управления на основе интегратора со сбросом («One Cycle Control» – OCC) позволило существенно упростить построение корректоров коэффициента мощности и разрабатывать корректоры для преобразователей до 7 кВт.

Для DC/DC-преобразователей IR разработал целую линейку ШИМ-контроллеров, контроллеров для синхронных выпрямителей. Представлены также синхронные выпрямители, контроллеры и драйверы серии **iP200x** и **iP120x**, платформа SupIRBuck, контроллеры для многофазных систем. Отличительными особенностями решений International Rectifier для DC/DC-преобразователей является самый высокий КПД в отрасли (до 96%) и самый широкий диапазон входных рабочих напряжений (до +27 В). Интегрированные решения SupIRBuck, iP200x и iP120x отличает сочетание предельно высоких рабочих токов (до 40 А при 90°C) и низкой стоимости.

Дальнейшие перспективы развития International Rectifier связывает с выходом на рынок силовой

электроники с галлий-нитридной технологией.

На проходившей в Мюнхене 11-14 ноября 2008 выставке «Electronica tradeshow» компания International Rectifier объявила о революционной технологии производства полупроводников на основе GaN (нитрид галлия) и продемонстрировал прототипы устройств с применением новой технологии. Отличительной чертой новой технологии является уникальное сочетание кардинального улучшения основных параметров полупроводниковых компонентов и простота внедрения в традиционные технологические процессы производства силовых полупроводников. В настоящее время темпы роста эффективности кремниевого кристалла силового МОП-транзистора замедляются, резервы этих технологий в значительной мере исчерпаны. Новая технология обеспечивает по крайней мере десятикратное преимущество по сравнению с лучшими современными кремниевыми технологиями по критерию FOM (комплексный критерий качества, учитывающий потери на проводимость и переключение, численно оценивается как произведение сопротивления открытого канала на заряд затвора). Это позволяет существенно повысить эффективность преобразования и снизить энергопотребление во многих приложениях в компьютерной, телекоммуникационной, бытовой технике и автоэлектронике.

Новая платформа стала результатом опытно-конструкторских работ компании по созданию эпитаксиальных технологий «нитрид галлия на кремнии», проводившихся в течение последних пяти лет. **5**

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: power.vesti@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 конвертеров шины	●										
Твердотельные реле	●			●	●				●	●	
ШИМ-контроллеры	●	●	●		●	●		●			
Интеллектуальные силовые ключи				●	●			●			
Цифровые ИС управления со смешанной логикой									●	●	
MOSFET	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
IGBT	●	●	●			●			●	●	
Силовые интеллектуальные модули		●							●	●	
Приборы HiRel											●



Виталий Берелидзе (КОМПЭЛ)

КОНФИГУРИРУЕМЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕРИИ IRMCK

Векторное управление электроприводом как составная часть ядра — преимущество конфигурируемых контроллеров электропривода IRMCK от International Rectifier. Это решение позволило, в отличие от решений конкурентов, интегрировать специализированное гибкое программное обеспечение. С его помощью стало возможным адаптировать разрабатываемый электропривод к требованиям заказчика.

Для создания регулируемого электропривода доступна широкая номенклатура микроконтроллеров от различных производителей: Texas Instruments, Freescale, Microchip, Atmel, Intel, Fuji, Infineon и др. Контроллеры различаются разрядностью (8...32-битные), архитектурой (RISK, DSP, CISC), производительностью, наличием специализированного блока управления ШИМ некоторых других характеристик. Практика показала успешность применения как специализированных микроконтроллеров электропривода, так и микроконтроллеров общего назначения.

Однако камнем преткновения на пути разработки регулируемого электропривода является разработка специализированного программного обеспечения, требующая обширных знаний теории электропривода. Применение готовых библиотек, набора программ и решений от производителей микроконтроллеров в какой-то мере упростило задачу разработчика и программиста. Но использование в серийном производстве показало ограниченность готовых решений от производителя, сложность внесения изменений и адаптации электропривода к требованиям заказчика. Внесение изменений в существующую программу превращается

для разработчика в «подстановку костылей» и неизменно заканчивается глубокой переработкой уже существующих программ. Невысокое качество реализации примеров векторного управления также ограничивает применение электропривода.

Появление в последнее десятилетие экономически и энергетически привлекательных синхронных электродвигателей с постоянными магнитами привело к обострению вышеперечисленных проблем, поскольку такие двигатели могут работать только с внешней системой управления.

Из успешных аппаратных реализаций управления приводом можно выделить микроконтроллер МСЗРНАС компании Freescale Semiconductor со скалярным управлением асинхронным электроприводом. Несмотря на то, что МСЗРНАС выпущен достаточно давно, данный контроллер успешно применяется в решениях типовых задач с невысокими требованиями к качеству управления — насосы, вентиляторы и т.д.

Анализ рынка электропривода и направлений его развития привел International Rectifier к разработке специализированных конфигурируемых контроллеров для синхронных машин с постоянными магнитами и трехфазным синусоидальным током с бездатчиковым управлением. В 2004 году компания представила специализированную платформу для электропривода — iMotion. Ядром платформы стали конфигурируемые контроллеры электропривода. В состав платформы также вошли отдельные компоненты силовой электроники —



Рис. 1. Сравнение программной и аппаратной реализации времени расчета полного цикла управления по току и скорости

интеллектуальные силовые модули, датчики тока, драйверы.

Важной особенностью конфигурируемых контроллеров International Rectifier является то, что впервые векторное управление электроприводом стало составной частью ядра контроллера. Реализация высококачественного бездатчикового векторного управления непосредственно в ядре микроконтроллера предопределила успех и дальнейшее развитие такого подхода в системах с регулируемым электроприводом. Во всех конфигурируемых контроллерах International Rectifier реализован шестиканальный векторный ШИМ-генератор.

Первое поколение конфигурируемых контроллеров представлено контроллерами **IRMCK201** и **IRMCK203**, второе поколение – существенно более разнообразной по функционалу серий **IRMCK/IRMCF3xx**.

Контроллеры **IRMCKxxx** ориентированы на применение в составе электропривода трехфазных синхронных машин с синусоидальным током. Для применения с асинхронным приводом предназначены решения на **IRMCK201** и **IRMCK341**.

Аппаратная реализация векторного управления позволила получить сочетание высокого быстродействия, точности, устойчивости алгоритмов управления и низкой стоимости контроллера.

Таблица 1. Основные параметры **IRMCK201** и **IRMCK203**

Тактовая частота генератора, МГц	33,3
Внутренняя тактовая частота контроллера, МГц	133,3
Время расчета замкнутого контура управления, мкс	не более 6
Полоса пропускания замкнутого контура по току (-3 dB), кГц	5,5
Выходная частота ШИМ, кГц	до 83,3
Разрешение таймер-счетчиков ШИМ, бит	12
Тактовая частота SPI-интерфейса, МГц	до 8

Производительность **IRMCK201** и **IRMCK203** в четыре раза превышает производительность специализированных DSP для электропривода (рис. 1).

Первое поколение конфигурируемых контроллеров **IRMCK201** и **IRMCK203**

Конфигурируемые контроллеры электропривода **IRMCK201** (рис. 2) и **IRMCK203** (рис. 3) стали первыми, в ядре которых впервые было успешно реализовано векторное управление электроприводом. Параметры их приведены в таблице 1.

Для обоих микроконтроллеров общей является поддержка нескольких типов интерфейсов: RS232C/RS422, SPI (до 8 МГц), 8-битный параллельный интерфейс. Загрузка настроек конфигурации контроллеров осуществляется из внешней EEPROM. В обоих контроллерах реализован аппаратный модуль пространственной векторной модуляции трехфазного ШИМ. Измерение тока проходит по двум фазам, с

восстановлением тока в третьей фазе. Модуль измерения тока в первую очередь ориентирован на прямое подключение микросхем измерения тока **IR2175** и подобных им.

У **IRMCK201** и **IRMCK203** есть и различия.

IRMCK201 является наиболее функциональным контроллером: он может работать как в замкнутой по скорости системе управления, так и в разомкнутой. Данный контроллер может применяться как в синхронном электроприводе с постоянными магнитами, так и в асинхронном приводе. Замкнутая система управления позволяет получить высокоточный привод с диапазоном регулирования до 1:5000. **IRMCK201** находит применение в различных следящих системах, сервоприводах роботоманипуляторов, высокоточном электроприводе.

В **IRMCK203** реализована разомкнутая по скорости система управления, ориентированная на применение только с синхронными трехфазными электродвигателями с постоянными магнитами. Тем не менее, векторное управление позволило реализовать устойчивое регулирование скорости в диапазоне 1:50.

Высокая производительность контроллеров позволяет реализовать как привод для типовых применений (промышленный привод, насосное оборудование, вентиляция, привод задвижек и т.п.), так и специализированный высокооборотный привод (до 100000 об/мин). Примеры успешного применения в высокооборотном приводе: турбомолекулярные вакуумные насосы, высокопроизводительный электроинструмент, высокооборотные бормашины, турбодетандоры.

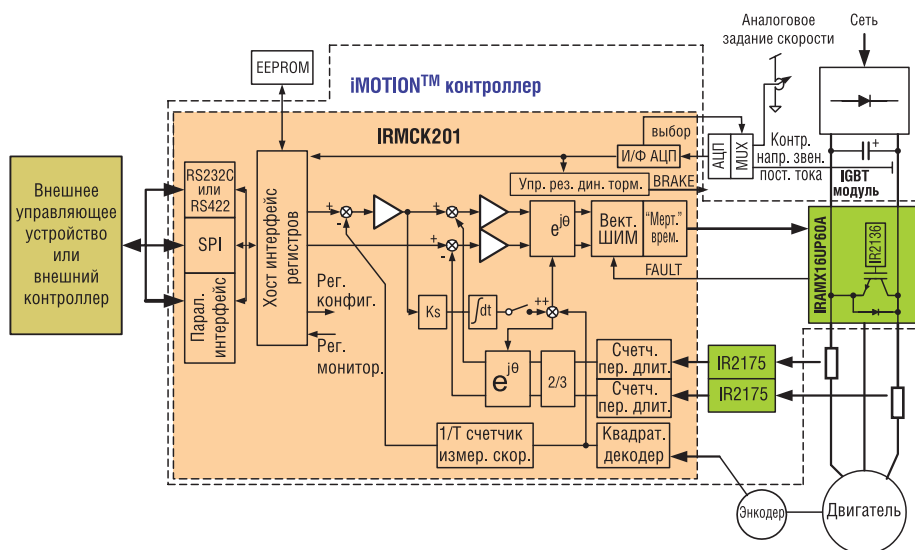


Рис. 2. Упрощенная структура и схема применения **IRMCK201**

Таблица 2. Основные характеристики IRMCK/ IRMCF 3xx

Наименование (Корпус)	Функции	Аналоговый Ввод/ вывод	Цифровые порты ввода/вывода	Интерфейсы
IRMCF312 IRMCK312 (QFP100)	2 двигателя 1 ККМ	12-битный АЦП 11 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	36 портов в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 x 2 I ² C/SPI
IRMCF311 IRMCK311 (QFP64)	2 двигателя 1 ККМ	12-битный АЦП 6 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	14 портов в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 x 2 I ² C/SPI
IRMCF343 IRMCK343 (QFP64)	2 двигателя 1 ККМ	12-битный АЦП 5 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	23 порта в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 I ² C/SPI
IRMCF341 IRMCK341 (QFP64)	1 двигатель	12-битный АЦП 8 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	24 порта в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 I ² C/SPI
IRMCF371 IRMCK371 (QFP48)	1 двигатель	12-битный АЦП 4 канала АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	13 портов в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 I ² C/SPI

ККМ – корректор коэффициента мощности

IRMCF – программная память 48 кбайт, память данных 8 кбайт

IRMCK – программная память 56 кбайт, память данных 8 кбайт

POR – сброс по питанию;

UVLO – защита от низкого напряжения;

Второе поколение конфигурируемых контроллеров IRMCK/ IRMCF 3xx

Конфигурируемые контроллеры серии IRMCK2xx и IRMCK/ IRMCF3xx имеют ряд важных отличий. Главные из них – появление во втором поколении усовершенствованного ядра микроконтроллера 8051, модуля MCE™ (Motion Control Engine) и версии со встроенной флеш-памятью программ. Второе поколение конфигурируемых контроллеров пошло по пути реализации бездатчикового векторного управления. Здесь

компания International Rectifier отказалась от идеи одного универсального контроллера, выпустив несколько типов контроллеров с конфигурацией, ориентированной на приложения. Следует отметить, что во всех контроллерах ядро электропривода не претерпело каких-либо упрощений или сокращения функционала.

В таблице 2 приведены основные особенности контроллеров серии IRMCK/IRMCF3xx:

- Аппаратный модуль Motion Control Engine (MCE™). Конфигурируемый модуль с настраи-

ваемыми алгоритмом привода с быстройдействием превышающем DSP-микроконтроллеры. Простое конфигурирование MCE через графический интерфейс.

- Интегрированный 8-битный микроконтроллер серии 8051. Не требуется применения внешних микроконтроллеров.

- Аппаратный аналоговый сторожевой таймер для безопасного отключения инвертора.

- Монитор контроля напряжения питания.

- Версии для управления одним и двумя электродвигателями, интегрированный корректор коэффициента мощности.

- Бездатчиковое векторное управление синхронными машинами постоянного тока.

Функционально контроллер серии IRMCK3xx (рис. 4) состоит из двух блоков: Motion Control Engine, отвечающего за векторное управление приводом, и ядра микроконтроллера 8051. Motion Control Engine (MCE™) – аппаратно реализованный модуль, который позволяет разработку через визуальную среду проектирования сконфигурировать контроллер под требования привода без написания отдельной программы. Motion Control Engine (MCE™) состоит из набора компонентов

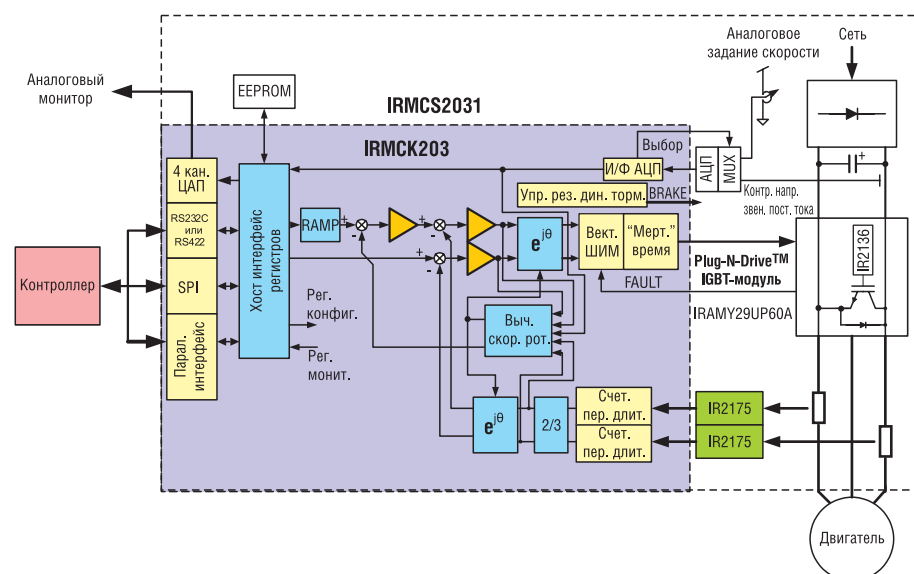


Рис. 3. Упрощенная структура и схема применения IRMCK203

системы автоматического управления. В него входят:

- Пропорционально-интегральное звено;
- низкочастотный фильтр;
- дифференциальное звено;
- ограничитель;
- расчет угла положения ротора (для бездатчикового управления);
- обратное преобразование Кларка;
- поворот вектора;
- пиковый детектор;
- умножение-деление (знаковое, беззнаковое);
- деление (знаковое, беззнаковое);
- сумматор;
- вычитатель;
- компаратор;
- счетчик;
- аккумулятор;
- переключатель;
- сдвигатель;
- АТАН (арктангенс);
- функциональные блоки (сглаживающий фильтр, нелинейные функции);

- 16-битные логические операции (AND, OR, XOR, NOT, NEGATE);
- MCE™ память программ и данных (6 кбайт);
- MCE™ управление выполнением последовательности команд.

Второй важной составляющей частью IRMCK/IRMCF3xx является ядро восьмиразрядного микроконтроллера 8051. Появление микроконтроллера в составе конфигурируемого контроллера существенно упрощает и расширяет возможности IRMCK/IRMCF3xx. Основные особенности ядра 8051 в составе IRMCK/IRMCF3xx:

- Три 16-битных таймера/счетчика;
- 16-битный таймер;
- 16-битный сторожевой таймер;
- 16-битный таймер захвата;
- до 24 дискретных портов ввода-вывода;
- 8-канальный 12-битный АЦП

– один буферизированный канал для измерения тока (0...1,2 В вход)

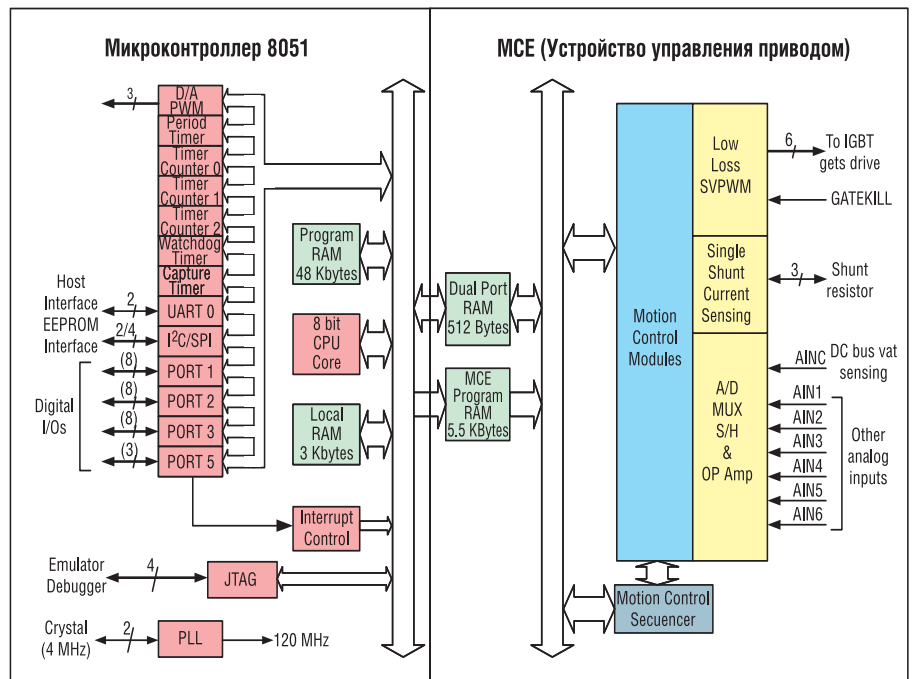


Рис. 4. Внутренняя структура контроллера серии IRMCK/ IRMCF 341

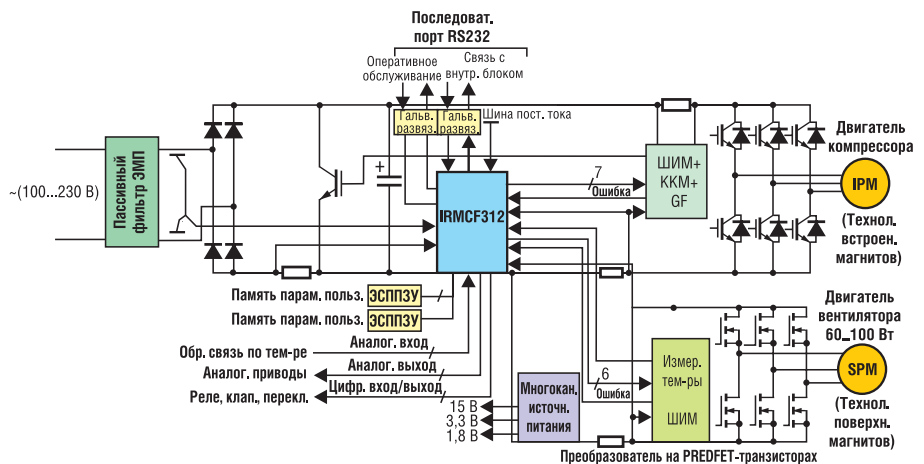


Рис. 5. Пример решения на контроллере IRMCF312 с двумя модулями ШИМ

- семь небуферизированных каналов (0...1,2 В вход);
- JTAG-интерфейс;
- до трех аналоговых выходов (8-битный ШИМ);
- интерфейсы: UART, I²C/SPI;
- 48 кбайт памяти программ, загружаемой из внешней EEPROM;
- 2 кбайт памяти данных.

Конфигурируемые контроллеры управления электроприводом от International Rectifier за счет аппаратно реализованного векторного управления электроприводом, конфигурирование через

визуальную среду и наличие популярного ядра микроконтроллера 8051 позволяют за два-три месяца освоить и разработать действующий образец электропривода (рис. 5), приступить к серийному производству.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

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



Константин Староверов

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ МОДУЛЕЙ IRAM

Линейка интегрированных силовых модулей IRAM производства International Rectifier дополнена новыми изделиями. Теперь модули охватывают более широкую область применения регулируемых электроприводов переменного тока и делают возможной реализацию более компактных и энергоэффективных систем управления.

В условиях жесткой конкуренции и непрерывного дорожания энергоресурсов производители бытовой техники находятся в постоянном поиске решений, направленных на улучшение ряда показателей выпускаемой ими продукции, в том числе себестоимости, надежности, безопасности, энергоэффективности, сервисных функций. Во многих случаях этого удастся добиться за счет применения регулируемого электропривода переменного тока, одной из составляющих частей которого является силовой инвертор напряжения. Именно в ответ на растущую потребность в таком электроприводе компанией International Rectifier и было создано семейство интеллектуальных силовых модулей IRAM, которые помимо силового инвертора содержат драйверный каскад и контрольные элементы. Использование модулей IRAM существенно облегчает проектирование регулируемых электроприводов, т.к. разработчик получает возможность сосредоточиться на основных задачах управления электродвигателем и не вникать при этом в тонкости реализации силового и драйверного каскадов. Детальный обзор многих модулей IRAM уже публиковался на страницах НЭ [1]. С тех пор их линейка пополнилась новыми представителями (см. таблицу 1), которые дают возможность создавать более компактные системы управления электродвигателями различных мощностей, от сотен ватт до единиц киловатт.

Двухамперные модули одно- и трехфазных инверторов

Широкое распространение в бытовой технике электроприводов мощностью менее 250 Вт (например, вентиляторы, насосы систем отопления или компрессоры холодильников) обусловило появление в линейке IRAM двухамперных модулей однофазного (IRAM109-015SD) и трехфазного (IRAM336-025SB) инверторов (см. рис. 1). Появление данных модулей стало настоящим «сломом традиций», ведь прежде в семействе IRAM входили исключительно модули трехфазных инверторов и исключительно на основе IGBT-транзисторов. Теперь же в качестве силовых коммутаторов используются силовые МОП-транзисторы и в линейке появился первый модуль для управления однофазными электродвигателями переменного тока. В принципе эта перемена традиций достаточно просто объясняется с технической точки зрения: просто стали актуальными те ниши, где на данный момент по совокупности параметров выгоднее использовать МОП-транзисторы. Именно такой нишей являются слаботочные применения, где МОП-транзисторы еще способны работать с повышенными напряжениями и, при этом, конкурируют по эффективности с IGBT-транзисторами. Двухамперные модули также стали первыми модулями IRAM, которые выпускаются в более компактном корпусе SIP-S. Этот корпус занимает в два раза меньшее пространство, чем корпус SIP1. Однако здесь

International IR Rectifier

же необходимо указать на недостаток новых модулей: их контактирующая с теплоотводом металлическая пластина не является изолированной, а соединена с отрицательным полюсом питающей шины. Таким образом, при необходимости электрической изоляции теплоотвода потребуется установка дополнительной изоляционной прокладки.

Однофазный модуль IRAM109-015SD включает два силовых полумоста с драйверами затворов, а также элементы контроля тока (токовый шунт) и температуры (термистор). В отличие от многих модулей IRAM, ИС драйверов данного модуля не оснащены логикой защиты от токовой перегрузки. Взамен у них предусмотрен вход отключения /SD, который дает возможность внешней схеме, в случае выявления аварийной ситуации, быстро и одновременно отключить оба канала.

Внутренняя схема трехфазного модуля IRAM336-025SB тоже имеет свои особенности. Здесь ИС драйвера включает логику токовой защиты, но вот токовый шунт не предусмотрен. С другой стороны, это дает возможность использовать вход контроля тока ITRIP как вход отключения. Отключение силовых транзисторов происходит, если напряжение на этом входе превысит пороговое значение (0,48 В). Еще одной особенностью этого модуля являются соединенные вместе выводы EN (разрешение работы) и /F (выход с открытым стоком сигнализации аварийного режима). Они присутствуют на выводе 17 (FAULT/EN) модуля и дают возможность внешней схеме по одной и той же двунаправленной линии и контролировать состояние модуля, и, при необходимости, блокировать его работу.

Таблица 1. Модули IRAM

Наименование	Характеристика	Мощность ЭД, кВт	$V_{CES}/V_{BR(DSS)}$, В	I_o (25°C, rms), А	I_o (100°C, rms), А	P_D , Вт	Финим, кГц	Rш, мОм	Rt(25), кОм	$R_{th(j-c)}$, °C/Вт	Корпус	Размеры корпуса, мм
IRAM109-015SD	Модуль однофазного H-мостового инвертора	0,06...0,25	500	2	1	18	20	220	100	5,1	SIP-S	29,2x14,4x4,5
IRAM336-025SB	Модуль трехфазного инвертора	≤0,25	500	2	1	15	20	—	100	5,8	SIP-S	29,2x14,4x4,5
IRAM136-0461G	Модуль трехфазного инвертора и однофазного выпрямительного моста	0,1...0,3	600	3,6	2	16	20	340	22	6,6	SIP1	62x22,3x5
IRAMS06UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,10...0,50	600	6	3	20	20	—	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAMS06UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,10...0,50	600	6	3	20	20	50	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAMS10UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,40...0,75	600	10	5	20	20	—	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAMS10UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,40...0,75	600	10	5	20	20	33	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAM136-1060B	Модуль трехфазного инвертора	0,25...0,75	600	10	5	25	20	33	100	4,6	SIP05	44x26,5x5,5
IRAM136-1060BS	Модуль трехфазного инвертора	0,25...0,75	600	10	5	25	20	73	100	4,6	SIP05	44x26,5x5,5
IRAMX16UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,75...1,50	600	16	8	35	20	—	100	4,0	SIP2	62x29x5,5
IRAMX16UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,75...1,50	600	16	8	31	20	18	100	3,5	SIP2	62x29x5,5
IRAMX20UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,75...1,50	600	20	10	38	20	—	100	1,5	SIP2	62x29x5,5
IRAMY20UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,75...2,20	600	20	12,5	68	20	17	100	1,6	SIP3	78x31,6x6
IRAM136-3063B	Модуль трехфазного инвертора	≤3	600	30	15	73	20	9,6	100	1,5	SIP3	78x31,6x6
IRAM136-3023B	Модуль трехфазного инвертора	≤4	150	30	15	89	20	8,3	100	1,2	SIP3	78x31,6x6

Примечания:

1. Новинки выделены красным цветом.
2. Синим цветом отмечены наименования модулей, внутренняя схема которых существенно отличается от остальных.

10-амперные модули трехфазных инверторов

Прежде компания IR уже выпускала 10-амперные модули для управления трехфазными нагрузками IRAMS10UP60A и IRAMS10UP60B, различающиеся схемой соединения эмиттеров IGBT-транзисторов нижнего уровня. Теперь, линейка 10-амперных модулей расширена двумя новыми представителями IRAM136-1060B и IRAM136-1060BS, у которых эмиттеры транзисторов нижнего уровня, подобно IRAMS10UP60B, соединены вместе. Главным отличием и преимуществом новых модулей является их конструкция. Новые модули размещены в более компактном корпусе SIP05, занимаемое которым место примерно на 20% меньше, чем у корпуса SIP3. Применение более

компактного корпуса стало возможным благодаря замене NPT IGBT-транзисторов на более современные Trench IGBT, которые отличаются от прочих разновидностей IGBT-транзисторов меньшей площадью кристалла [2]. Однако платой за снижение размеров стало некоторое ухудшение характеристик суммарных потерь мощности, что ограничивает возможности использования модулей в применениях с близкой к максимальной (20 кГц) частоте коммутации. Например, при токе 7 А и частоте коммутации 20 кГц суммарные потери мощности новых модулей выше примерно на 40% относительно своих предшественников. При более низких токах и частотах коммутации соотношение потерь мощности менее существенно.

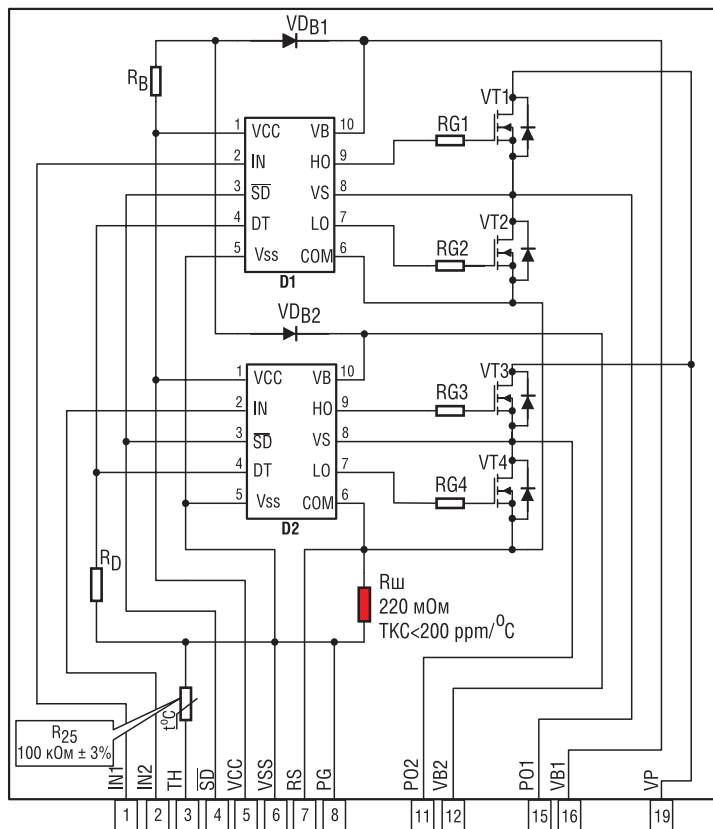
Новые модули также дают возможность снизить размеры и себестоимость конечного решения за счет снижения емкости внешних конденсаторов, используемых для формирования напряжения управления затворами IGBT-транзисторов верхнего уровня. Например, рекомендованное значение емкости этих конденсаторов при работе на частотах, близких к 20 кГц, составляет 1,5 мкФ у новых модулей и 2,2 мкФ у предшественников.

Несмотря на то, что для управления затворами транзисторов у новых и предшествующих модулей используются функционально-подобные ИС драйверов, изменения коснулись и этой части модуля. Самые главные отличия заключаются в том, что у новых модулей имеется два дополнитель-

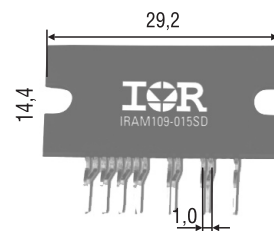
Особенности IRAM109-015SD

Интегрирует два МОП-транзисторных полумоста для управления однофазными двигателями мощностью 60...250 Вт (сеть – 85...253 В), драйверы затворов, токовый шунт, термистор

Внутренняя электрическая схема



Корпус SIP-S



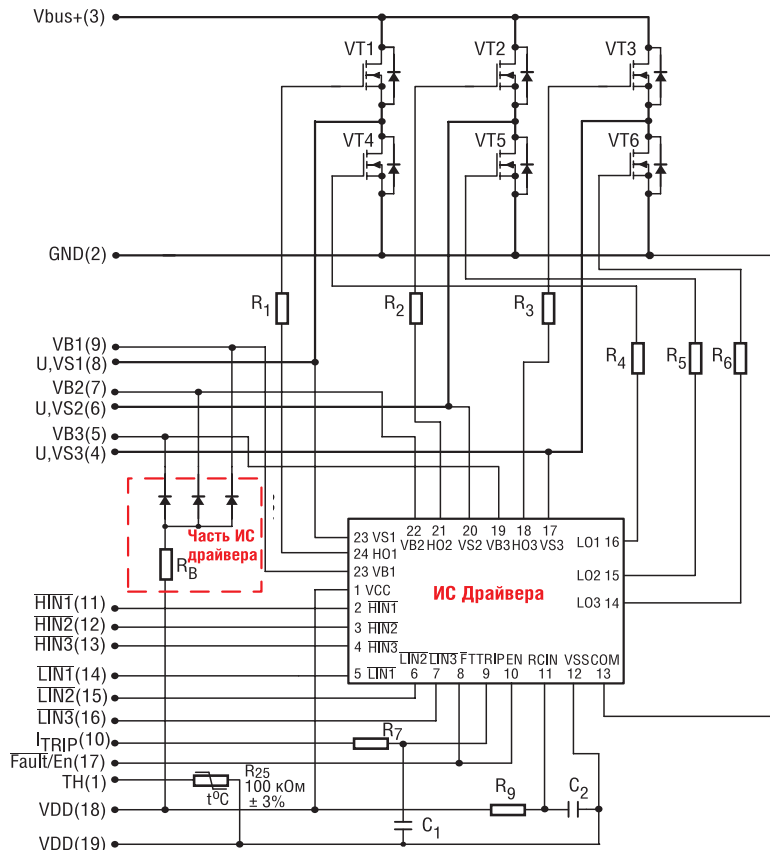
Тепловое сопротивление переход-корпус

MOSFET:
 $R_{th(J-C)} = 5,1...6,9 \text{ } ^\circ\text{C/Wt}$

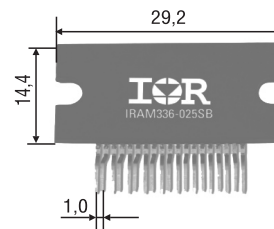
Особенности IRAM336-025SB

Интегрирует инвертор на МОП-транзисторах для управления трехфазными двигателями мощностью до 250 Вт (сеть – 85...253 В), драйверы затворов, термистор

Внутренняя элек рическая схема



Корпус SIP-S



Тепловое сопротивление переход-корпус

MOSFET:
 $R_{th(J-C)} = 5,8...8,0 \text{ } ^\circ\text{C/Wt}$

Рис. 1. Двухамперные модули одно- и трехфазных инверторов

ных вывода: ISD, который связан встроенным резистором с выводом ITRIP ИС драйвера, и RCIN, напрямую соединенный с одноименным выводом этой же ИС. Благодаря этому, применение модулей становится более гибким, так как появляются возможности регулировки уставки срабатывания токовой защиты и задержки перезапуска после выявления аварийного режима работы. У предшествующих модулей эти параметры были фиксированными. Уместно упомянуть, что именно диапазон регулировки уставки по току является единственным различием новых модулей IRAM136-1060B и IRAM136-1060BS. У модуля IRAM136-1060B уставка регулируется в пределах 15...20 А, а у IRAM136-1060BS — 7...9 А. Задержка перезапуска у предшествующих модулей фиксированная и составляет не более 8 мс, у новых же модулей ее можно увеличить до 32 мс. На рисунке 2 показана схема включения новых модулей, где выделено подключение регулировочных элементов. В их качестве выступают обычные резисторы, от величины сопротивления которых зависит значение уставки. Для выбора сопротивлений резисторов в документации на модули приводятся специальные графики. Граничные значения уставок можно задавать и без помощи резисторов. Если резистор задания уставки по току исключить из схемы, то уставка будет минимальной (15 А), а если замкнуть — максимальной (20 А). При исключении из схемы резистора регулировки задержки перезапуска ее величина будет составлять 32 мс. Закорачивание этого резистора недопустимо, т.к. его рекомендованное минимальное сопротивление ограничено значением 1 МОм (задержка около 4 мс).

Еще одно отличие новых модулей состоит в том, что входы подачи ШИМ-сигналов у них имеют прямую логику (активный уровень высокий), а у предшественников — инверсную (активный уровень низкий). В остальном, функции новых модулей, в т.ч. контроль тока и температуры, блокировка при снижении напряже-

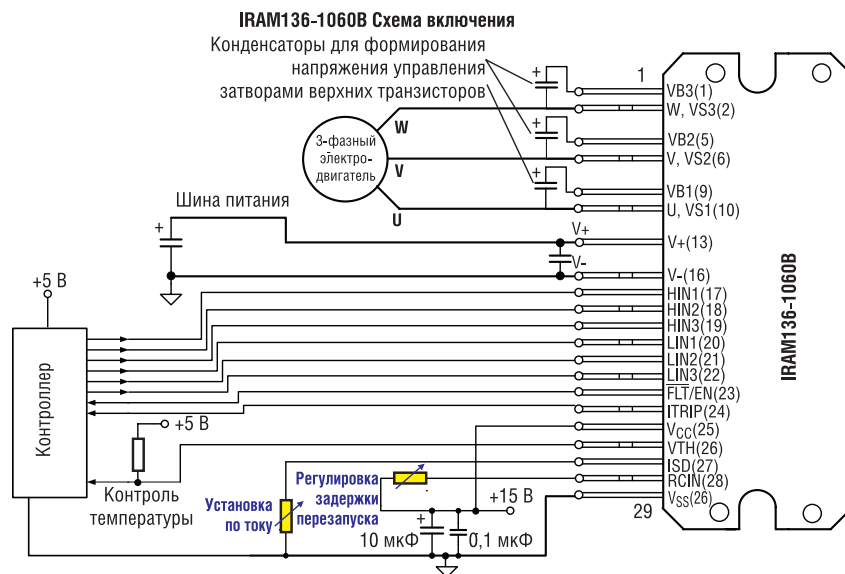


Рис. 2. Схема включения модуля IRAM136-1060B

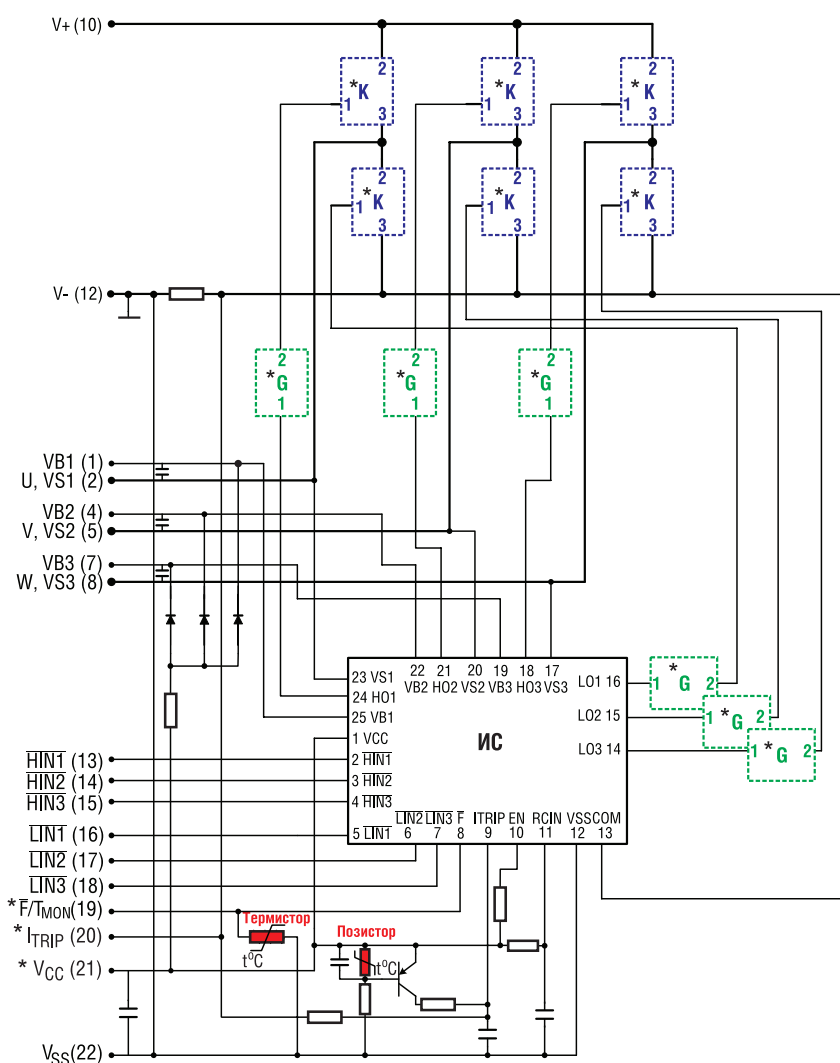
ния и исключение сквозной проводимости идентичны прежним.

30-амперные модули трехфазных инверторов

Линейка модулей IRAM теперь замыкается 30-амперными модулями трехфазных инверторов (предшествующие им модули являются 20-амперными). Таким образом, диапазон мощностей трехфазных электродвигателей, которыми могут управлять модули IRAM, расширен от 2,2 до 3 кВт при условии питания от сети переменного тока 220 В. Новые 30-амперные модули IRAM136-3023B и IRAM136-3063B выполнены по идентичной схеме (см. рис. 3). Их главное отличие заключается в типе используемого коммутатора и напряжении пробоя. Модуль IRAM136-3063B выполнен на основе Punch-Through IGBT-транзисторов, характеризующихся напряжением пробоя 600 В, а в более низковольтном модуле IRAM136-3023B используются силовые МОП-транзисторы (напряжение пробоя 150 В). Появление отдельного низковольтного модуля связано с тем, что современные силовоточные МОП-транзисторы, с одной стороны, отличаются меньшими потерями мощности по сравнению с IGBT-транзисторами, но, с другой стороны, не способны работать при столь же высоких напряжениях. Таким образом, реализация низковольтных и, при этом, силовоточных модулей с точки зрения эффективности

более выгодна с использованием МОП-транзисторов. Эта выгода особенно ощутима при работе с близкими к максимальным току и частоте преобразования (20 кГц). Например, суммарные потери мощности 600-вольтового модуля, работающего с током 18 А на частоте 20 кГц, будут составлять около 280 Вт. 150-вольтовый модуль в таких же условиях будет «терять» порядка 210 Вт. Такая экономия особенно важна в портативном электроинструменте с батарейным питанием, т.к., с одной стороны, снижаются размеры теплоотвода, а с другой, — более эффективно расходуется энергия батарейного источника, повышая длительность работы инструмента без перезаряда. Существенное различие в предельно-допустимом напряжении также отражается и на области использования модулей. Если 600-вольтовый модуль, как и большинство других модулей IRAM, рассчитан на применение в бытовом и промышленном электрооборудовании с питанием от сети переменного тока 220 В и для управления электродвигателями кондиционеров, компрессоров и т.п., то 150-вольтовый модуль больше ориентирован на применение в электроавтомобилях, портативном силовом электроинструменте и светотехнических системах с напряжением питающей шины 48...100 В постоянного тока.

Оба модуля размещены в корпусе SIP3, габаритные размеры ко-



*	K	G	(19)	(20)	(21)
IRAM136-3023B			F/TMON	I _{TRIP}	V _{CC}
IRAM136-3063B			FAULT	I _{SENSE}	V _{DD}

Рис. 3. Внутренняя электрическая схема модулей IRAM136-30xxB

торого составляют 78x31 мм (шаг выводов 2,54 мм). Независимо от того, что наименования некоторых выводов отличаются, их назначение идентично. Если сопоставить внутреннюю схему 30-амперных модулей с другими трехфазными модулями, то можно обнаружить два важных отличия.

- Вывод встроенного термистора и вывод сигнализации обнаружения аварийного режима у 30-амперных модулей соединены вместе. С одной стороны, такое решение экономит число линий ввода-вывода управляющего контроллера (вместо двух, одной аналоговой и одной цифровой, линий теперь

требуется только одна аналоговая линия), а с другой стороны, может потребоваться изменение кода программы, чтобы диагностировать активизацию вывода /FT ИС драйвера. Если использовать на этом совмещенном выводе рекомендуемый в документации подтягивающий резистор 12 кОм, то напряжение на нем будет варьироваться от 5 В при температуре -40°C до 0,5 В при температуре 150°C. Таким образом, более низкие напряжения на этом выводе можно интерпретировать, как срабатывание логики защиты ИС драйвера.

- Применена дополнительная температурная защита на основе

позистора, которая своим исполнительным элементом воздействует на вход контроля тока ITRIP ИС драйвера, вызывая срабатывание логики токовой защиты.

В остальном возможности этих модулей идентичны остальным трехфазным модулям IRAM.

Выводы

Таким образом, главными особенностями рассмотренных новинок являются более компактная конструкция и ориентация на новые сферы применения: бытовое электрооборудование с мало-мощным одно- или трехфазным электроприводом, электромобили, портативный силовой электроинструмент, светотехнические системы. Добиться столь существенного снижения габаритных размеров модулей стало возможным благодаря применению новых типов силовых коммутаторов, которым свойственна меньшая занимаемая кристаллом площадь. Кроме того, несмотря на использование функционально подобных ИС драйверов, вследствие применения различных схем их включения, имеются некоторые отличия в функциональных возможностях новых модулей.

Более детальную информацию по рассмотренным модулям IRAM можно найти на сайте производителя (www.irf.com) в разделе Motion Control → Intelligent Power Modules.

Литература

1. Башкиров В. IRAMxx – интеллектуальные силовые IGBT-модули для электропривода широкого применения // Новости электроники, №7, 2007 г. – С. 14-17.

2. Башкиров В. Транзисторы Trench IGBT шестого поколения // Новости электроники, №7, 2007 г. – С. 26-30.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

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



Дмитрий Ешкин

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРИВОДЫ ДЛЯ НАСОСОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

Рост потребления энергии и желание сократить эксплуатационные расходы, привлекают внимание потребителей к «умным» управляемым насосам с изменяемой скоростью работы. Они нашли широкое применение в системах водоснабжения и канализации. В предлагаемой статье описываются способы построения системы управления интеллектуальным насосом с изменяемой скоростью работы при помощи разработок компании International Rectifier.

Нет ни одного объекта промышленности или гражданского строительства, который прямо или косвенно не зависел бы от надежности работы насосных установок. С помощью насосов обеспечивается подача тепла от источников теплоснабжения, водоснабжение потребителей, повышение напора и откачка загрязненных и сточных вод, охлаждение и кондиционирование, а также пожаротушение и откачка воды из затопленных мест.

Снижение потребления воды на душу населения (включая промышленное потребление) приводит к снижению суммарного количества сточных вод. Вызванное этим увеличение содержания твердых частиц в них приводит к быстрому заиливанию коллекторов, застою стоков и повышенному содержанию в них сероводорода. В настоящее время в Европе на государственном уровне проводится политика взаимодействия с заводами по переработке отходов, направленная на усовершенствование технологий водоочистки. Постепенно европейские технологии начинают адаптироваться и использоваться и у нас — в России.

Приоритетными задачами систем управления насосами водоснабжения и канализации являются повышение КПД, обеспечение автономной работы и диспетчеризация, интегрирование в центральную систему управления для снижения доли затрат человеческого труда.

Все подобные мероприятия нацелены на снижение стоимости жизненного цикла подобных систем.

«Сердцем» любого современного насоса является пассивный синхронный двигатель (PMSM). Важнейшим вопросом, которым задается разработчик интеллектуальной насосной системы, является выбор системы управления этим двигателем. Современная насосная система должна обладать быстрым откликом и точной регулировкой скорости в широких пределах нагрузок.

Обычные насосы, не снабженные системой управления, все время работают на постоянной скорости. Энергия, потребляемая двигателем, пропорциональна скорости вращения ротора, возведенной в третью степень. Таким образом, очевидно, что снижение скорости вращения ротора, например, в два раза, приводит к уменьшению потребления энергии в восемь раз. Системы с переменной скоростью работы изменяют скорость вращения ротора по необходимости в зависимости от нагрузки. Управляющие цепи таких насосов мгновенно реагируют на меняющиеся потребности в жидкости и изменяют потребляемую мощность до необходимых размеров.

Весьма важным критерием качества является обеспечение бесшумной работы двигателя. Очевидно, система управления должна задавать режим работы двигателя так, чтобы он работал в наиболее

тихом режиме и не создавал вибраций. Для того, чтобы двигатель не «шел вразнос», при старте система должна обеспечивать плавный запуск. Перед производителем встает выбор: разработать собственную систему управления или использовать готовую, приобретенную у сторонних разработчиков. Какие трудности встают перед разработчиком в первом случае?

Для точного управления синхронным двигателем необходимо знание угла поворота ротора и скорости вращения. Традиционным методом определения этих параметров является использование внешних датчиков, например — датчиков Холла. Применение достаточно дорогих внешних датчиков увеличивает стоимость системы и снижает надежность. Это усугубляется возможностью работы оборудования в агрессивных средах, еще больше снижающих надежность. В результате, многие разработчики обращают взор на бессенсорные системы управления (системы управления без датчиков обратной связи по положению). На сегодняшний день определение скорости и угла поворота ротора непосредственным измерением тока обмотки является слишком дорогим для широкого коммерческого применения. К счастью, эти параметры могут быть определены косвенно, т.е. посредством измерения параметров шины питания. Тем не менее, разработчики тратят массу сил и времени на проектирование необходимых аналоговых схем и программного обеспечения или заказывают их у третьих лиц. Необходимость быстрой и дешевой разработки систем управления для PMSM создает спрос на специализированные микросхемы, реализующие бессенсорное управление.

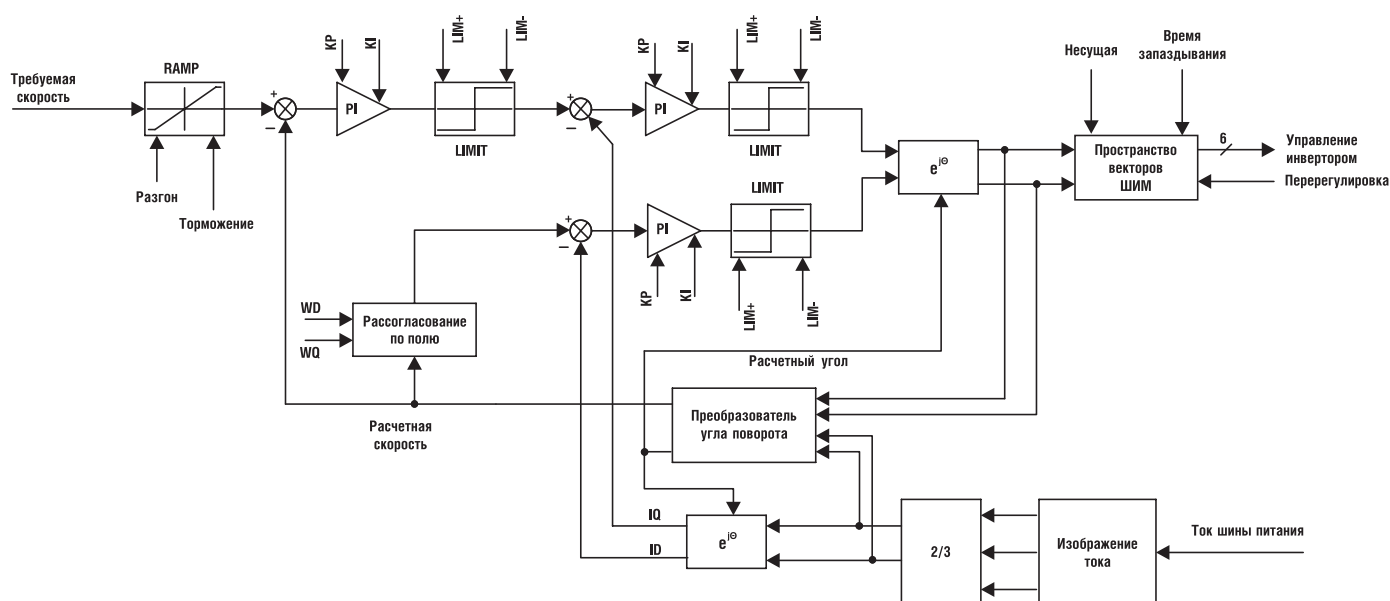


Рис. 1. Структурная схема типового проекта на основе пакета iMOTION

Для этих целей компания **International Rectifier** предлагает интегрированную систему управления **iMOTION** (<http://www.irf.com/product-info/imotion>), поддерживающую работу с силовыми приводами мощностью до 300 Вт. Благодаря возможностям контроллера привода, дополненного интеллектуальным силовым модулем, алгоритмами определения положения (IP) ротора и средствами разработки (IP) ротора и средствами разработки, эта платформа без дополнительных усилий позволяет сэкономить время создания полноценной системы управления интеллектуальным насосом. Более того, применение данной платформы позволяет разработчику добиваться большей производительности и надежности по сравнению с использованием дискретных компонентов. Основой системы является контроллер **IRMCF371**, содержащий все средства для точного управления синхронным двигателем на основе контроля шины питания без использования внешних датчиков. Управление синусоидальным током обеспечивает бесшумную работу двигателя и позволяет увеличить КПД по сравнению с управлением посредством ШИМ. К тому же, система поддерживает мягкий запуск двигателя. Микросхема содержит входные дифференциальные усилители и 12-битный АЦП, предназначенный для снятия сигнала с цепей питания. Функционирование си-

стемы обеспечивается программно-аппаратным ядром с функцией контроля движения, очень простым в программировании и настройке благодаря набору готовых шаблонов и примеров. Дополнительная функциональность модуля обеспечивается встроенным периферийным восьмьбитным контроллером, работающим независимо от основного ядра системы.

Библиотека функций для разработки программного обеспечения под данную платформу может быть использована в популярном пакете **MATLAB/Simulink™**. Ввод исходных данных осуществляется в графическом редакторе, обладающем интуитивно понятным дружелюбным интерфейсом, значительно облегчающим работу и избавляющим от большинства типичных ошибок, что позволяет значительно увеличить скорость разработки. Разработчику предлагается просто выбрать из числа доступных функций те, которые необходимы, а затем скомпилировать проект. Интерфейс пользователя, функции обмена с периферией, и другие низкоуровневые задачи выполняются встроенным 8-битным контроллером, снабженным JTAG-интерфейсом для отладки и эмуляции. При конфигурировании системы можно столкнуться с некоторыми особенностями. Например, одна дополнительная функция выполняет слежение за магнитным со-

противлением через сердечник двигателя, но магнитное сопротивление не может быть измерено без измерения внутренних параметров двигателя, а контроль этих параметров позволяет разработчику увеличить крутящий момент за счет регулировки опережения по фазе.


Полноценная система управления «умным» насосом может быть организована комбинацией микросхемы контроллера с силовым модулем **IRAMS06UP60B**. Этот модуль содержит трехфазный инвертор и драйвер шины питания, обеспечивающий защиту от короткого замыкания и перегрузки по току. Модуль содержит встроенные измерительные резисторы, что сокращает число необходимых внешних компонентов.

Система **iMOTION** снабжена большим количеством примеров, демонстрирующих работу с доступными операторами и функциональными блоками. Значения токов трех обмоток приводятся к эквивалентным двухфазным значениям с помощью функции Кларка (рис. 1).

Функция приведения магнитного потока оперирует значениями двухфазных токов через обмотки и напряжения на них, в результате чего возможно вычисление вектора вращения ротора (векторное управление). Система фазовой автоподстройки частоты обеспечивает точное вычисление скорости и угла поворота ротора. FOS-алгоритм,

совершая преобразование Лапласа раскладывает переменный ток через обмотку на две составляющие: изображение вращающего момента (IQ) и изображение магнитного потока через сердечник (ID). Этот способ управления через контроль частоты не зависит от скорости вращения ротора. Функция RAMP обеспечивает постоянное ускорение, а функция LIMIT ограничивает ток через обмотки на уровне, рекомендуемом производителем.

В заключение хочется отметить, что данная система может найти очень широкое применение во многих отраслях отечественной промышленности и народного хозяйства. Ее применение в устройствах автономного тепло- и водоснабжения позволит значительно сократить расходы на коммунальное обслуживание. Увеличенная надежность, по сравнению с «классическими» системами, позволит значительно снизить издержки, вызванные отказами оборудования, которые в ответственных отраслях

могут иметь катастрофические последствия. Бесшумность такой системы позволяет использовать ее там, где применение обычных систем в принципе невозможно, например, дома или в офисе. В сельском хозяйстве, где необходимость в работе насосов возникает всего на несколько часов в течение суток, такая система позволит, кроме сокращения затрат на электроэнергию, в комбинации с другими системами интеллектуального управления значительно сократить количество обслуживающего персонала. Соразмерные затраты на внедрение быстро окупятся и начнут приносить чистую прибыль. 

*Ответственный за направление
в КОМПЭЛе – Людмила Горева*

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

International
IR Rectifier

IRS2530D и IRS2158D –
новые драйверы электронного
балласта



Компания **International Rectifier** представила два новых драйвера электронного балласта для люминесцентных ламп с функцией управления свечением лампы **IRS2530D** и **IRS2158D**, которые существенно сокращают число компонентов и повышают эффективность и надежность.

IRS2530D с патентованной технологией управления яркостью DIM8™, с линейным управлением яркостью лампы (от 10% яркости и более), с полумостовым драйвером, в корпусах DIP-8 и SOIC-8. Новый драйвер электронного балласта предоставляет конкурентное решение в приложениях с функцией регулирования яркости, давая возможность заменить низкоэффективные лампы накаливания люминесцентными лампами. Отличительными особенностями **IRS2530D** является защита от выхода из режима переключения ключей при нулевом напряжении (ZVC) и интегрированная защита пик-фактора для предотвращения повреждения балласта при отказе лампы.

IRS2158D – интегрированная и полностью защищенная 600-вольтовая микросхема контроллера электронного балласта. Отличительные особенности контроллера включают программируемую защиту от сверхтока полумоста, функцию регулирования яркости (минимальный уровень – менее 10%), программируемые режим и время предварительного подогрева, управление рабочей частотой, управление током зажигания лампы с контролем через обратную связь, программируемый контроль окончания срока службы лампы, защиту от частичного снижения яркости по мере старения лампы.

International
IR Rectifier

Интегрированная система
управления приводами *iMotion*



- Поддерживает работу с силовыми приводами мощностью до 300 Вт
- Поддерживает плавный старт двигателя
- Поддерживает бесшумную работу двигателя
- Позволяет увеличить КПД по сравнению с управлением ШИМ



Компэл
www.compel.ru



Константин Староверов

POL-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ SUPIRBUCK

В статье дается обзор особенностей нового семейства **POL-преобразователей SupIRBuck** компании **International Rectifier**, ориентированного на системы с распределенной архитектурой электропитания, нуждающиеся в повышении плотности мощности.

Преобразователи POL являются окончательным каскадом архитектур распределенного электропитания. Они предназначены для преобразования промежуточного напряжения в стабилизированное напряжение в непосредственной близости с нагрузкой (отсюда происходит их название: POL — point-of-load, т.е. локализованный к нагрузке преобразователь). Архитектуры распределенного электропитания, ввиду более высокой эффективности и надежности, широко используются в высокопроизводительном серверном, телекоммуникационном и промышленном оборудовании, где имеется множество распределенных низковольтных (менее 3,3 В) и при этом силовоточных (единицы-десятки ампер) нагрузок. Примерами таких нагрузок являются высокопроизводительные микропроцессоры, сетевые и графические процессоры, СБИС FPGA, модули хранения данных и др. Основной задачей при проектировании каскадов POL-преобразователей для современных применений является повышение плотности мощности каскадов электропитания. Это

связано с непрерывным ужесточением требований к экономичности оборудования и габаритным размерам. Существенно упростить проектирование таких преобразователей поможет семейство **SupIRBuck** (табл. 1), представленное компанией International Rectifier в конце прошлого года и дополненное новыми представителями (выделены красным цветом) в мае этого года. Как следует из таблицы 1, преобразователи характеризуются идентичными конструкциями, защитными функциями, а также диапазонами входного и выходного напряжений, а различаются нагрузочной способностью (4...12 А) и частотой преобразования (300 или 600 кГц). Кроме этого, преобразователи отличаются поддержкой вспомогательных функций (PGOOD, TRACKING). По этому признаку их можно разделить на три подсемейства: **IR380x** (без вспомогательных функций), **IR381x** (с функцией TRACKING) и **IR382x** (с функцией PGOOD).

Функция TRACKING дает возможность внешней схеме управлять выходным напряжением преобразователя и может потребоваться для следящего управления или для организации цифрового управления выходным напряжением. В свою очередь, функция PGOOD позволяет внешней схеме контролировать состояние преобразователя, определяя, достигло его выходное напряжение установившегося значения или нет. Этот сигнал может быть опрошен системным микроконтроллером для мониторинга состояния каскадов электропитания или же задействован автономно для очередного запуска нескольких POL-преобразователей. Для этого необходимо соединить выход PGOOD ведущего преобразователя

с непрерывным ужесточением требований к экономичности оборудования и габаритным размерам. Существенно упростить проектирование таких преобразователей поможет семейство **SupIRBuck** (табл. 1), представленное компанией International Rectifier в конце прошлого года и дополненное новыми представителями (выделены красным цветом) в мае этого года. Как следует из таблицы 1, преобразователи характеризуются идентичными конструкциями, защитными функциями, а также диапазонами входного и выходного напряжений, а различаются нагрузочной способностью (4...12 А) и частотой преобразования (300 или 600 кГц). Кроме этого, преобразователи отличаются поддержкой вспомогательных функций (PGOOD, TRACKING). По этому признаку их можно разделить на три подсемейства: **IR380x** (без вспомогательных функций), **IR381x** (с функцией TRACKING) и **IR382x** (с функцией PGOOD).

Функция TRACKING дает возможность внешней схеме управлять выходным напряжением преобразователя и может потребоваться для следящего управления или для организации цифрового управления выходным напряжением. В свою очередь, функция PGOOD позволяет внешней схеме контролировать состояние преобразователя, определяя, достигло его выходное напряжение установившегося значения или нет. Этот сигнал может быть опрошен системным микроконтроллером для мониторинга состояния каскадов электропитания или же задействован автономно для очередного запуска нескольких POL-преобразователей. Для этого необходимо соединить выход PGOOD ведущего преобразователя

с непрерывным ужесточением требований к экономичности оборудования и габаритным размерам. Существенно упростить проектирование таких преобразователей поможет семейство **SupIRBuck** (табл. 1), представленное компанией International Rectifier в конце прошлого года и дополненное новыми представителями (выделены красным цветом) в мае этого года. Как следует из таблицы 1, преобразователи характеризуются идентичными конструкциями, защитными функциями, а также диапазонами входного и выходного напряжений, а различаются нагрузочной способностью (4...12 А) и частотой преобразования (300 или 600 кГц). Кроме этого, преобразователи отличаются поддержкой вспомогательных функций (PGOOD, TRACKING). По этому признаку их можно разделить на три подсемейства: **IR380x** (без вспомогательных функций), **IR381x** (с функцией TRACKING) и **IR382x** (с функцией PGOOD).

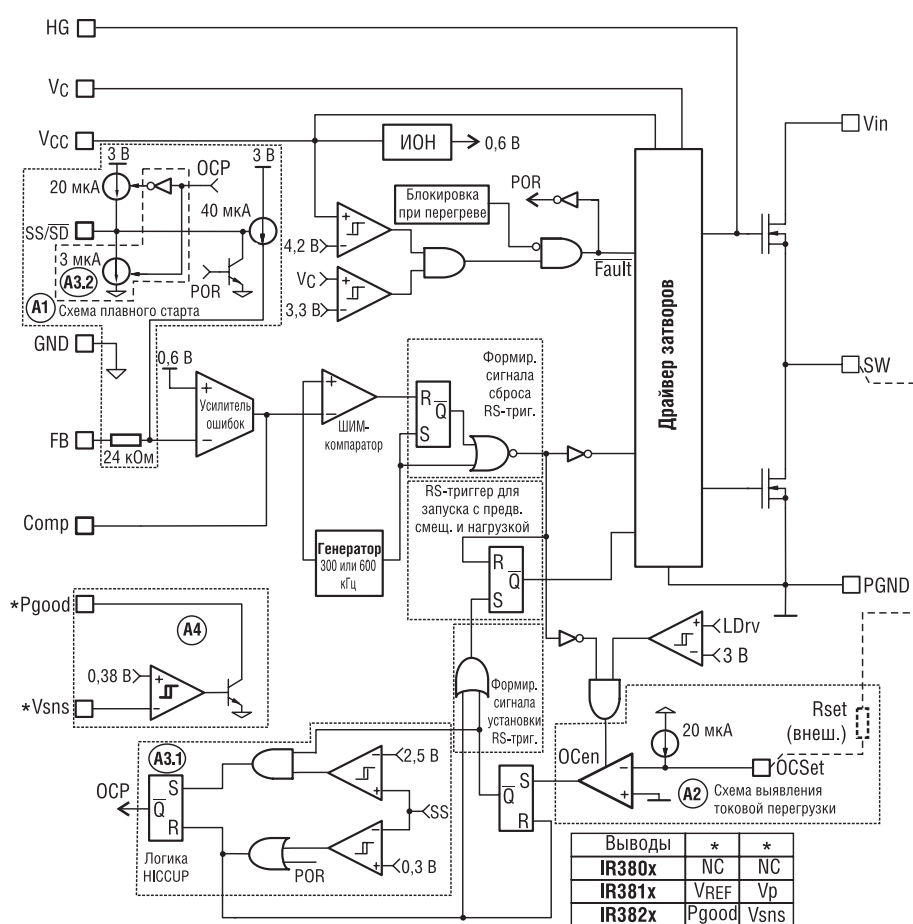


Рис. 1. Архитектура преобразователей SupIRBuck

Таблица 1. Семейство POL-преобразователей SupIRBuck компании International Rectifier

Наименование	Входное напряжение V_{IN} , В	Выходное напряжение V_{OUT} , В	Максимальный ток нагрузки $I_{L(max)}$, А	Частота коммутации F_{sw} , кГц	Корпус, мм	Функции			
						OSP	OTP	PGOOD	TRACKING
IR3812MPBF	2,5...21	0,6...12	4	600	QFN (5x6)	+	+		+
IR3822MPBF			4	600		+	+	+	
IR3802MPBF			4	600		+	+		
IR3822AMPBF			6	300		+	+	+	
IR3802AMPBF			6	300		+	+		
IR3811MPBF			7	600		+	+		+
IR3821MPBF			7	600		+	+	+	
IR3801MPBF			7	600		+	+		
IR3821AMPBF			9	300		+	+	+	
IR3801AMPBF			9	300		+	+		
IR3810MPBF			12	600		+	+		+
IR3820MPBF			12	600		+	+	+	
IR3800MPBF			12	600		+	+		
IR3820AMPBF			14	300		+	+	+	
IR3800AMPBF			14	300		+	+		

ля (включается в работу первым) с входом управления включением/отключением ведомого преобразователя.

Помимо отличий, преобразователи имеют несколько общих особенностей, в т.ч.:

- программируемый порог срабатывания защиты от токовой перегрузки;
- логику работы токовой защиты с автоматической блокировкой и задержанной разблокировкой (HICCU), которая делает ничтожной рассеиваемую ИС мощность при образовании длительной токовой перегрузки на выходе;
- прецизионный источник опорного напряжения (ИОН) 0,6 В;
- функцию плавного старта с возможностью программирования его длительности подключением внешнего конденсатора к комбинированному входу управления включением/отключением и плавным стартом (SS/SD);
- возможность монотонного запуска в условиях предварительно смещенной нагрузки;
- защиту от перегрева;
- корпус с улучшенными теплорассеивающими свойствами;
- совместимость с требованиями директивы RoHS.

С точки зрения архитектуры, POL-преобразователи SupIRBuck (см. рис. 1) представляют собой импульсные высокочастотные понижающие ШИМ-преобразователи напряжения с синхронным выпрямлением и управлением стаби-

лизацией с использованием одной обратной связи по напряжению. В них интегрированы все каскады, необходимые для реализации такого преобразователя, в т.ч. силовые МОП-транзисторы, выполненные по технологии HEXFET. Данные транзисторы, благодаря их отличным рабочим характеристикам, обеспечивают очень малые потери проводимости и коммутации. Например, сопротивление открытого канала выходных транзисторов 12-амперных преобразователей IR3800M составляет не более 8,7 мОм.

Выходное напряжение преобразователей задается резистивным делителем напряжения, включенного между выходным напряжением и входом обратной связи (FB). Пороговое напряжение на входе обратной связи равно 0,6 В. Разброс этого напряжения не превышает 1,5% при температуре перехода (T_j) в пределах 0...105°C и 2% при температуре -40...105°C.

Запуск в условиях предварительно-смещенной нагрузки

В применениях, где во время подачи питания нагрузка может находиться под некоторым остаточным напряжением, важно сохранить монотонность нарастания напряжения. Если не предпринять специальных мер, то синхронный выпрямитель понижающего преобразователя может нарушить данное требование. Работа синхронного выпрямителя

противофазна коммутатору, поэтому при подаче питания он будет шунтировать остаточное напряжение на нагрузку через дроссель выходного LC-фильтра. Вследствие этого выходное напряжение будет иметь рывки, что недопустимо. У преобразователей SupIRBuck эта проблема решается блокировкой работы синхронного выпрямителя до момента включения в работу коммутатора, что, в свою очередь, происходит с учетом временной диаграммы схемы плавного старта.

Блокировка при перегреве

Для защиты преобразователей SupIRBuck от перегрева в них интегрирована схема защиты, которая срабатывает при температуре кристалла более 140°C (типичное значение), при этом блокируются оба выходных МОП-транзистора. Разблокировка происходит автоматически при снижении температуры ниже 120°C (гистерезис 20°C).

Управление включением/отключением

ИС SupIRBuck имеют возможность дистанционного управления включением/отключением через вход программирования длительности плавного старта. ИС переходит в отключенное состояние, если напряжение на этом входе станет менее 0,3 В. Чтобы выполнить данное требование, к этому входу достаточно подключить внешний малосигнальный транзистор. После его отпириания ИС пе-

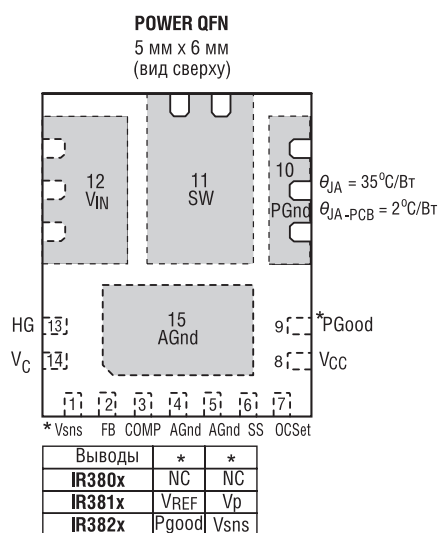


Рис. 2. Расположение выводов

рейдет в отключенное состояние, когда отключены оба выходных МОП-транзистора, а после запираания начнется заряд конденсатора плавного старта.

Плавный старт

Для управления нарастанием выходного напряжения и ограничения пусковых токов в преобразователе SupIRBuck интегрирована схема плавного старта. Последовательность плавного старта инициируется при условии превышения напряжениями Vcc (питание внутренней схемы и драйвера нижнего уровня) и Vc (питание драйвера верхнего уровня) пороговых уровней и генерации сигнала сброса при подаче питания (POR). Длительность плавного старта задается с помощью внешнего конденсатора, подключенного к выводу SS/SD, который заряжается встроенным в ИС источником тока 20 мкА до напряжения порядка 3 В. Напряжение на этом выводе управляет еще одним встроенным источником тока, соединенным с инвертирующим входом усилителя сигнала отклонения по напряжению (см. блок A1 на рисунке 1). Величина тока этого источника тока изменяется обратно-пропорционально напряжению на выводе плавного старта. Таким образом сразу после подачи питания ток максимален и составляет порядка 40 мкА. Протекая через резистор, включенный между выводом FB и инвертирующим входом усилителя отклонения (24 кОм), данный ток создает падение напряже-

ния около 1 В (при токе 40 мкА). А поскольку пороговое напряжение в цепи обратной связи равно 0,6 В, то данное падение напряжения приведет к блокировке ШИМ-преобразователя. По мере нарастания напряжения на выводе SS/SD ток источника тока будет снижаться, а следовательно, будет снижаться и напряжение на инвертирующем входе усилителя. Когда напряжение на конденсаторе плавного старта достигнет приблизительно 1 В, напряжение на инвертирующем входе достигнет порядка 0,6 В, напряжение на выходе усилителя начнет нарастать и вступит в работу ШИМ-преобразователь. Дальнейший рост напряжения на конденсаторе плавного старта будет все так же влиять на снижение тока источника тока и падение напряжения на резисторе, давая возможность плавно нарастать выходному напряжению. Когда напряжение на конденсаторе достигнет примерно 2 В, источник тока прекратит работу, а выходное напряжение к этому времени достигнет своего установившегося значения. Таким образом, плавный старт можно разделить на две фазы:

- фаза задержки, когда напряжение на конденсаторе плавного старта изменяется от 0 до 1 В;
- фаза нарастания выходного напряжения, когда напряжение на конденсаторе плавного старта изменяется от 1 до 2 В.

Длительность каждой из этих фаз (мс) равна отношению емкости конденсатора плавного старта (нФ) к току его заряда (20 мкА). Или наоборот, если задана длительность плавного старта, то емкость конденсатора должна быть не менее произведения заданной длительности (мс) на ток заряда (20 мкА).

Защита от токовой перегрузки

У преобразователей SupIRBuck применено оригинальное схемное решение защиты от токовой перегрузки (см. блок A2 на рисунке 1). Здесь в качестве токоизмерительного резистора используется канал МОП-транзистора синхронного выпрямителя. Такое решение позволяет, с одной стороны, уменьшить потери мощности, а, следовательно, улучшить КПД

преобразователя, и, с другой стороны, снизить себестоимость конечного решения за счет исключения из схемы токоизмерительного резистора.

Схема выявления токовой перегрузки работает следующим образом. Сигнал перегрузки формирует нуль-компаратор. Это происходит в случае, когда падение напряжения на нижнем МОП-транзисторе станет больше падения напряжения на токозадающем резисторе R_{SET} , через который протекает ток внутреннего источника тока 20 мкА. Таким образом, уставку по току (I_{SET}) можно рассчитать следующим образом:

$$I_{SET} (A) = R_{SET} (k\Omega) \times 20 (mA) / R_{DS(on)} (m\Omega)$$

Необходимо обратить внимание, что такая токовая защита не является прецизионной и имеет предохранительное значение. В документации рекомендуется принимать величину с 1,5-кратным запасом относительно максимального тока нагрузки плюс половину пульсаций тока через дроссель выходного LC-фильтра. Подробную методику расчета можно найти в документации на выбранный преобразователь.

Выше уже упоминалось, что логикой токовой защиты подразумевается блокировка при выявлении перегруза и попытка разблокировки по истечении некоторого времени. Такая логика носит название HICCUP («икание») и является «золотой» серединой между аналоговыми ограничителями тока, которым, даже с учетом загиба рабочей характеристики (FOLDBACK), свойственна большая рассеиваемая мощность, и невозможности отсечки по току.

Элементы логики HICCUP на рисунке 1 выделены в блок A3. Она реализуется путем заряда и разряда конденсатора плавного старта с различной интенсивностью (20 мкА и 3 мкА, соответственно). Управляет переключением заряд/разряд специальный RS-триггер. Разряд активизируется, если выявлена токовая перегрузка, и при этом напряжение на конденсаторе плавного старта больше 2,5 В (т.е. в момент выявления перегрузки плавный старт был завершен). По мере снижения напряжения

на конденсаторе плавного старта будет также снижаться выходное напряжение, а следовательно, и ограничиваться выходной ток вплоть до нуля, когда напряжение на конденсаторе станет менее 1 В. После сброса RS-триггера, когда напряжение на конденсаторе плавного старта станет менее 0,3 В, вступит в действие зарядный источник тока 20 мкА и начнется последовательность плавного старта. Если по ее окончании перегрузка все также будет иметь место, начнется новый цикл разряд-заряд до тех пор, пока не будет устранена причина перегрузки.

Функция мониторинга выходного напряжения (PGOOD)

Преобразователи подсемейства IR382x оснащены схемой мониторинга напряжения (блок A4 на рисунке 1). Она выполнена на основе компаратора с гистерезисной передаточной характеристикой, источника опорного напряжения 0,38 В и выходного транзистора, образующего выход с открытым коллектором PGOOD. Данный выход переходит в низкое состояние, если напряжение на инвертирующем входе компаратора (вывод V_{SNS}) станет меньше порогового значения. В противном случае, выход PGOOD будет находиться в высокоимпедансном состоянии, сигнализируя о корректности уровня выходного напряжения.

Функция PGOOD может использоваться для организации упорядоченного запуска нескольких преобразователей, для мониторинга системным микроконтроллером состояния каскадов электропитания, а также в качестве супервизора питания, воздействующего на вход сброса или внешнего прерывания микроконтроллера.

Функция следящего управления выходным напряжением (TRACKING)

Следящее управление напряжением необходимо при разработке источника питания модулей синхронной динамической памяти DDR, которые требуют, чтобы их терминационное напряжение VTT составляло ровно половину от основного напряжения питания VDDQ. Для этих целей прекрасно

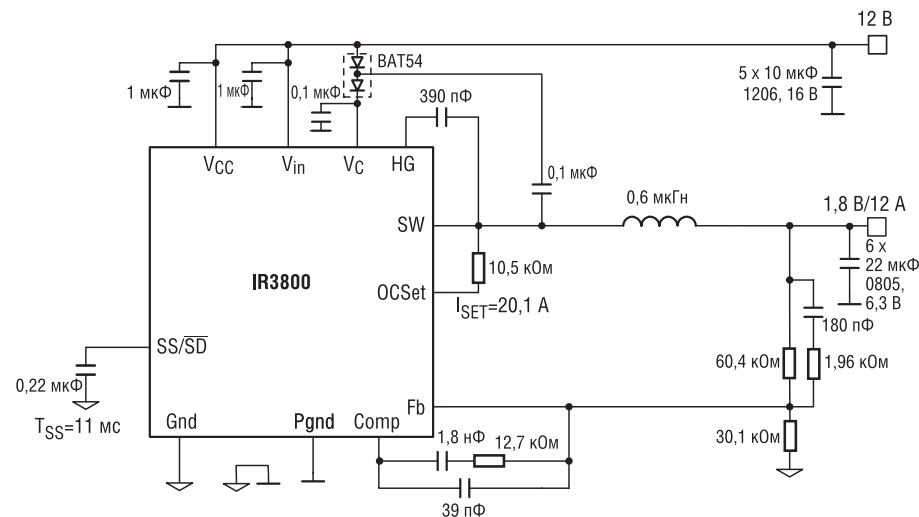


Рис. 3. Типичное применение преобразователя IR3800

подходят преобразователи **IR381x**. От остальных преобразователей SupIRBuck они отличаются тем, что их неинвертирующий вход усилителя отклонения отключен от встроенного ИОН и соединен с выводом VP. Опорное напряжение 0,6 В также выведено на отдельный вывод (V_{REF}). Таким образом, если данные выводы соединить вместе, то будет получен идентичный остальным SupIRBuck преобразователь. Если же вывод V_{REF} оставить неподключенным, а вход V_p через делитель напряжения соединить с отслеживаемым напряжением, то выходное напряжение преобразователя будет в точности, с учетом заданного делителем напряжения коэффициента пропорциональности, следовать за отслеживаемым напряжением.

Альтернативно функцию TRACKING можно использовать для создания преобразователя с цифровым управлением выходным напряжением (с помощью цифрового потенциометра или ЦАП).

Все преобразователи SupIRBuck поставляются в миниатюрном RoHS-совместимом корпусе POWER QFN. Этот корпус характеризуется отличной теплопроводностью (тепловое сопротивление переход — печатная плата составляет всего лишь 2°C/Вт), что позволяет рассеивать на нем до 4 Вт мощности (при условии соблюдения требований к конструкции посадочного места). Расположение выводов преобразователей SupIRBuck показано на рисунке 2.

На типовой схеме включения **IR3800** (рисунок 3) можно отметить еще несколько особенностей преобразователей SupIRBuck:

- Емкостной преобразователь, питающий драйвер верхнего уровня, выполнен по схеме удвоителя напряжения. Это связано с тем, что для эффективного управления МОП-транзистором напряжение на его затворе должно быть не менее 4 В, а минимальное напряжение, с которым могут работать преобразователи, составляет всего лишь 2,5 В.

- Так как преобразователь выполнен по архитектуре с одной обратной связью по напряжению, то для снижения длительности переходных процессов и повышения точности стабилизации напряжения в схеме используются цепи компенсации: между выводом COMP и общей цепью, а также в делителе напряжения. Подробная методика расчета параметров цепей компенсации приводится в документации.

В заключение необходимо отметить, что рассмотренные компоненты на сайте производителя (www.irf.com) находятся в разделе интегральных схем «High Frequency Sync Buck Regulators», что означает высокочастотные понижающие стабилизаторы с синхронным выпрямлением. **5**

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе — Людмила Горева

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



Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

НОВАЯ СЕРИЯ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ IRFP4XXX С УЛЬТРАНИЗКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ КАНАЛА

Новая серия мощных МОП-транзисторов IRFP4xxx компании International Rectifier (IR) с ультранизким сопротивлением канала позволяет существенно повысить КПД преобразования электрической энергии и значительно сократить потери проводимости в конверторах.

Отличительная особенность новой серии IRFP4xxx, производимой по новейшей технологии Trench HEXFET Power MOSFETs, — уменьшенное сопротивление $R_{ds(on)}$ до 2,5 раз по сравнению с транзисторами предыдущего поколения. Все они выпускаются в стандартном популярном корпусе TO-247AC, что позволяет существенно снизить стоимость готового устройства. Производитель рекомендует следующие области применения новых МОП-транзисторов:

- синхронные выпрямители телекоммуникационных и промыш-

ленных преобразователей энергии с напряжением шин питания до 80 В;

- мощные инверторы постоянного и переменного тока;

- источники бесперебойного питания (UPS);

- силовые O'Ring узлы (замена диодов Шоттки в мощных схемах ИЛИ для суммирования выходных токов);

- привод электроинструмента;

- промышленный привод постоянного тока с батарейным питанием от 12 до 80 В (электрокары, вилочные подъемники);

- силовая автоэлектроника — мощные DC/DC-преобразователи

International
IR Rectifier

для сетей 14 В/42 В, инверторы стартер-генераторов и электро-механических усилителей руля;

- инверторы солнечных батарей.

Преимущества по отношению к предыдущим поколениям MOSFET

На рисунке 1 представлено сравнение $R_{ds(on)}$ новых транзисторов (выделены желтым цветом) и лучших приборов предыдущего поколения IR (выделены синим цветом). В таблицу 1 сведены для сопоставления основные параметры транзисторов, производимых по новейшей технологии, и некоторых предыдущих серий MOSFET в корпусе TO-247AC.

Необходимо обратить внимание на то, что новые транзисторы **IRFP4004PBF**, **IRFP4368PBF**, **IRFP4468PBF**, **IRFP4568PBF** имеют ограничение тока из-за сопротивления выводов корпуса TO-247AC, а не из-за кристалла (кристалл способен на гораздо большее). При расчетах схем с этими транзисторами и сравнении с аналогичными приборами целесообразнее ориентироваться на сопротивление канала в открытом состоянии, не забывая об ограничении тока выводами корпуса TO-247AC. В новой серии появился транзистор **IRFP4004PBF** с максимальным напряжением сток-исток 40 В (см. рисунок 1), обладающий рекордно низким сопротивлением $R_{ds(on)}$ 1,7 мОм (это максимальное значение, типовое значение обычно еще меньше). Однако за это приходится расплачиваться увеличением заряда затвора, что влечет за собой выбор драйверов MOSFET с большими выходными токами, короткими фронтами

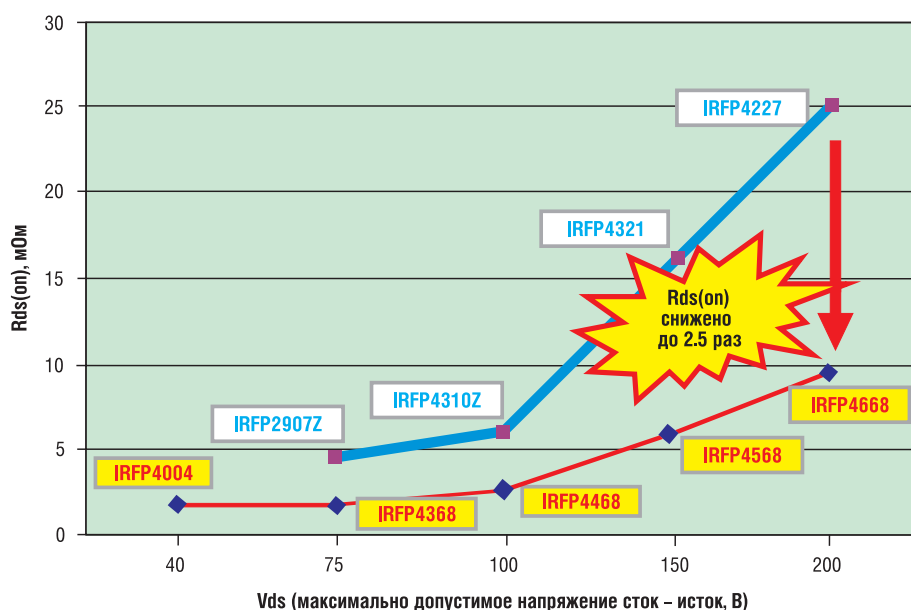


Рис. 1. Сравнение $R_{ds(on)}$ транзисторов новой серии IRFP4xxx и приборов предыдущих поколений

Таблица 1. Параметры новых полевых транзисторов IRFP4xxx и транзисторов IR предыдущих поколений в корпусе TO-247AC

Наименование	V _{сн} , макс, В	R _{ds(on)} макс., мОм, V _{зи} =10 В	Истока, А, t° = 25°C	Истока, А, t° = 100°C	Qg.*, тип., нКл	Qgd**, тип., нКл	R _{th(JC)} ***, К/Вт	Мощность, Вт, макс. (при t°=25°C)
IRFP4004PBF (New)	40	1,7	350****	250****	220	75	0,40	380
IRFP044N	55	20,0	53	37	40,7	16,0	1,5	100
IRFP1405	55	5,3	160	110	120,0	53,3	0,49	310
IRFP064N	55	8,0	98	69	113,3	50,0	1,0	150
IRFP054N	55	12,0	72	51	86,7	35,3	1,2	130
IRFP048N	55	16,0	62	44	59,3	26,0	1,2	130
IRFP064V	60	5,5	130	95	173,3	62,7	0,60	250
IRFP054V	60	9,0	93	66	113,3	39,3	0,85	180
IRFP3206PBF	60	3,0	200	140	120,0	35,0	0,54	280
IRFP3306PBF	60	4,2	160	110	85,0	26,0	0,67	220
IRFP2907Z	75	4,5	170	120	180,0	65,0	0,49	310
IRFP4368PBF (New)	75	1,8	350****	250****	380,0	105,0	0,29	520
IRFP3077PBF	75	3,3	200	140	160,0	42,0	0,44	340
IRFP2907	75	4,5	177	125	410,0	140,0	0,45	330
IRFP4710	100	14,0	72	51	110,0	40,0	0,81	190
IRFP4410ZPBF	100	9,0	97	69	83,0	27,0	0,65	230
IRFP150V	100	24,0	46	32	86,7	28,7	1,1	140
IRFP150N	100	36,0	39	28	73,3	38,7	1,1	140
IRFP140N	100	52,0	27	19	62,7	28,7	1,6	94
IRFP3710	100	25,0	51	36	66,7	17,3	0,83	180
IRFP4310ZPBF	100	6,0	134	95	120,0	35,0	0,54	280
IRFP4468PBF (New)	100	2,6	290****	200****	360,0	89,0	0,29	520
IRFP4110PBF	100	4,5	180	130	150,0	43,0	0,40	370
IRFP3415	150	42,0	43	30	133,3	65,3	0,75	200
IRFP4321PBF	150	15,5	78	55	71,0	21,0	0,49	310
IRFP4568PBF (New)	150	5,9	171****	121****	151,0	55,0	0,29	517
IRFP4227PBF	200	25,0	65	46	70,0	23,0	0,45	330
IRFP260N	200	40,0	49	35	156,0	73,3	0,50	300
IRFP4668PBF (New)	200	9,7	130	92	161,0	52,0	0,29	520
IRFP90N20D	200	23,0	94	66	180,0	87,0	0,26	580
IRFP250N	200	75,0	30	21	82,0	38,0	0,70	214
IRFP4332PBF	250	33,0	57	40	99,0	35,0	0,42	360
IRFP4229PBF	250	46,0	44	31	72,0	26,0	0,49	310
IRFP4232	250	35,7	60	42	160,0	60,0	0,35	430
IRFP4242PBF	300	59,0	46	33	165,0	61,0	0,35	430

* Qg – Total Gate Charge - суммарный (полный) заряд затвора

** Qgd – Gate-to-Drain («Miller») Charge – заряд затвора, обусловленный эффектом Миллера

*** R_{th(JC)} – тепловое сопротивление «переход-корпус» (Junction-to-Case), измеренное при температуре около 90°C

**** Максимальный ток, ограниченный кристаллом (ток, ограниченный выводами корпуса, см. в документации производителя).

и малыми задержками, хотя выбор таких драйверов достаточно велик и обычно не вызывает никаких затруднений. Все новые транзисторы обладают очень низкими значениями теплового сопротивления переход-корпус, что позволяет более эффективно отводить тепло от кристалла. Нужно отметить, что пять новых транзисторов заменяют большое количество транзисторов предыдущего поколения International Rectifier (см. таблицу 1) и некоторые MOSFET известных фирм Fairchild, ST, IXYS (см. таблицы 2 и 3).

Сравнение новых Trench HEXFET Power MOSFETs с аналогами других производителей

Среди транзисторов с напряжением сток-исток 40 В прибор **IRFP4004PBF** не имеет аналогов. По сопротивлению канала с ним может конкурировать только транзистор IR в дорогом 7-выводном корпусе для поверхностного монтажа **IRF2804S-7P**. Самый близкий прибор от другого производителя – это **FDA8440** с сопротивлением канала 2,1 мОм от компании Fairchild (параметры

для сравнения приведены в таблице 2). В крайнем правом столбце таблицы 2 для всех транзисторов других производителей указано отношение сопротивлений R_{ds(on)} близкого по параметрам транзистора IR к R_{ds(on)} конкретного транзистора другого производителя. Все эти соотношения меньше 1, что говорит о том, что сопротивление канала транзисторов IR меньше или гораздо меньше аналогичного параметра приборов фирм Fairchild, ST и IXYS.


В диапазоне напряжений сток-исток 55...75 В бесспорным лиде-

Таблица 2. Сравнение параметров новых транзисторов IR серии IRFP4xxx с аналогичными от других производителей

Производитель	Наименование	Vси, макс., В	Rds(on) макс., мОм, Vзи=10 В	Истока, А, t°=25°С	Qg.*, тип., нКл	Qgd**, тип., нКл	Rth(JC)*** К/Вт	Мощность, Вт, макс. (при t°=25°С)	Корпус	(Rds IR) / (Rds другого производителя)
IR	IRFP4004PBF	40	1,7	350****	220,0	75,0	0,40	380	TO-247AC	
Fairchild	FDA8440	40	2,1	100	345	74	0,49	306	TO-247AC	0,81
IR	IRFP4368PBF	75	1,8	350****	380,0	105,0	0,29	520	TO-247AC	
Fairchild	FD038AN08A1	75	3,5	80	125		0,33	450	TO-247AC	0,51
STM	STW220NF75	75	4,4	120	500	135	0,3	460	TO-247AC	0,4
IR	IRFP4468PBF	100	2,6	290****	360,0	89,0	0,29	520	TO-247AC	
Fairchild	HUF75652G3	100	8	75	475	74	0,29	515	TO-247AC	0,32
IXYS	IXTR200N10P	100	8	120	235		0,5	300	Super247	0,32
IXYS	IXFX250N10P	100	6,5	250	205		0,12	1250	Super247	0,31
IR	IRFP4568PBF	150	5,9	171****	151,0	55,0	0,29	517	TO-247AC	
Fairchild	HUF7588G3	150	16	75	480	66	0,3	500	TO-247AC	0,4
IXYS	IXTQ120N15P	150	16	120	150		0,25	600	TO-3P	0,35
IXYS	IXTQ150N15P	150	13	150	190		0,21	714	TO-3P	0,45
IR	IRFP4668PBF	200	9,7	130	161,0	52,0	0,29	520	TO-247AC	
Fairchild	FQA65N20	200	32	65	200	75	0,4	310	TO-3P	0,3
IXYS	IXTH96N20	200	24	96	145		0,25	600	TO-247AC	0,4
IXYS	IXTQ120N20	200	22	120	152		0,21	713	TO-3P	0,44

*, **, ***, **** – расшифровка приведена в таблице 1.

Таблица 3. Рекомендуемые замены от IR для транзисторов других производителей

Производитель	Наименование	Прямая замена от IR	Замена от IR с улучшением параметров	Возможная замена от IR	Корпус других производителей	Корпус IR	Внешний вид корпусов
	FDA8440	–	IRFP4004PBF	–	TO-3P	TO-247	
	FDH038AN08A1	–	IRFP4368PBF	–	TO-247	TO-247	
	HUF75653G3	–	IRFP4468PBF	–	TO-247	TO-247	
	HUF75882G3	–	IRFP4568PBF	–	TO-247	TO-247	
	FQA65N20	–	IRFP4668PBF	–	TO-247	TO-247	
	STW200NF75	IRFP4368PBF	–	–	TO-247	TO-247	
	IXTR200N10P	–	–	IRFP4468PBF	ISO247	TO-247	
	IXFX250N10P	–	–	IRFP4468PBF	PLUS247	TO-247	
	IXTQ120N15P	–	IRFP4568PBF	–	TO-3P	TO-247	
	IXTQ150N15P	–	–	–	TO-3P	TO-247	
	IXTH96N20	IRFP4668PBF	–	–	TO-247	TO-247	
	IXTQ120N20	–	IRFP4668PBF	–	TO-3P	TO-247	

ром является **IRFP4368PBF**. Сопротивление канала 1,8 мОм в сочетании с остальными параметрами обеспечивают ему большой отрыв от популярных **IRFP044N**, **IRFP048N** и **IRFP064N** (диапазон 55 В). 75-вольтовый новый транзистор **IRFP4368PBF** с успехом заменяет 60-вольтовые **IRFP064V**, **IRFP054V**, **IRFP3206PBF**, **IRFP3306PBF** и очень популярный 75-вольтовый **IRFP2907Z**. У нового транзистора

IRFP4368PBF сопротивление канала снижено в 2,5 раза по сравнению с лучшим прибором IR предыдущего поколения **IRFP2907Z**. Ближайшие конкуренты для напряжения 75 В от компаний **Fairchild** – **FD038AN08A1** и от компании **ST** – **STW220NF75** имеют сопротивление канала 3,5 и 4,4 мОм соответственно (см. таблицу 2).

В диапазоне 100 В тон задает **IRFP4468PBF** с сопротивлением

канала 2,6 мОм. 100-вольтовый транзистор IR предыдущего поколения **IRFP4110PBF** имеет Rds(on) 4,5 мОм, а ближайшие по параметрам 100-вольтовые **HUF75652G3 (Fairchild)** и **IXTR200N100P (IXYS)** – 8 мОм, а **IXFX250N10P (IXYS)** – 6,5 мОм. Однако последние два транзистора фирмы IXYS выпускаются в более дорогих корпусах Super247.

Диапазон 150 В. Здесь в большом отрыве **IRFP4568PBF** с со-

противлением канала 5,9 мОм. Среди догоняющих — 150-вольтовые **HUF75882G3** компании **Fairchild** с $R_{ds(on)}$ 16 мОм, а также **IXTQ120N15P** и **IXTQ150N15P** компании **IXYS** с сопротивлением канала 16 и 13 мОм соответственно. Справедливости ради нужно отметить, что транзисторы **IXYS** производятся в более дорогих корпусах TO-3P.

Наконец, мы подошли к диапазону 200 В. Здесь самый сильный игрок — новый транзистор **IRFP4668PBF** с сопротивлением канала 9,7 мОм, что для 200-вольтовых приборов является эталонным показателем при таком напряжении. Ближайшие транзисторы этого класса **FQA65N20 (Fairchild)** имеют $R_{ds(on)}$ 32 мОм, а **IXTH96N20** и **IXTQ120N20** компании **IXYS** — 24 и 22 мОм соответственно. Однако кристаллы **FQA65N20** и **IXTQ120N20** упакованы в более дорогие корпуса TO-3P, что дает дополнительное преимущество транзистору **IRFP4668PBF**. 200-вольтовые транзисторы предназначены для работы в телекоммуникационных источниках питания с шиной с постоянным напряжением до 80 В.

В таблице 3 приведены рекомендуемые замены от International Rectifier для МОП-транзисторов компаний Fairchild, ST, IXYS.

В некоторых случаях один новый МОП-транзистор IR может заменить до трех параллельно включенных транзисторов IR предыдущих поколений в диапазоне 100...200 В. Кроме того, при параллельном соединении транзисторов добавляются сопротивления соединительных проводников, которые при токах десятки и сотни Ампер могут существенно ухудшать статические и динамические параметры эквивалентного транзистора. Цена одного нового транзистора меньше стоимости трех параллельно включенных приборов предшествующих поколений. При этом можно уменьшить размер радиатора и снизить температуру в блоке. Следует учесть, что при снижении температуры в блоке на 10 процентов срок службы электролитических

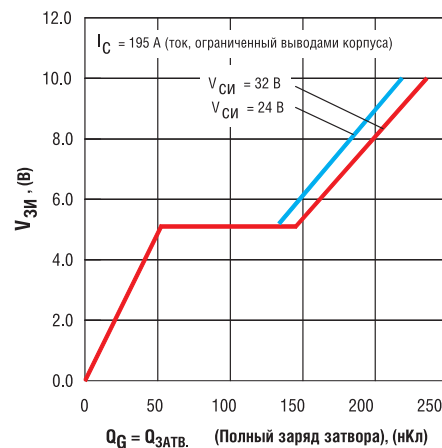
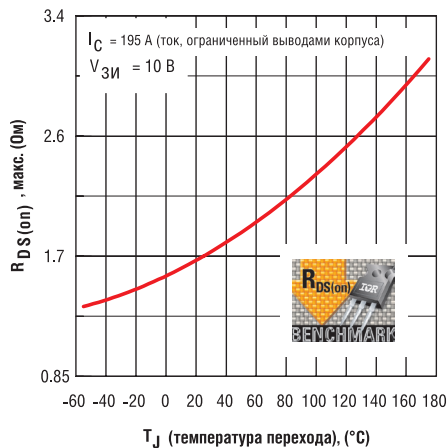


Рис. 2. Зависимости $R_{ds(on)}$ от температуры перехода, заряда затвора от напряжения затвористок для транзистора **IRFP4004PBF**

IRFP4004PBF Типовые выходные характеристики при длительности импульса < 60 мкс
Максимальный постоянный ток (ограниченный выводами корпуса = 195 А при 25°C)
Максимальный постоянный ток (ограниченный кристаллом = 350 А при 25°C (250 А при 100°C))

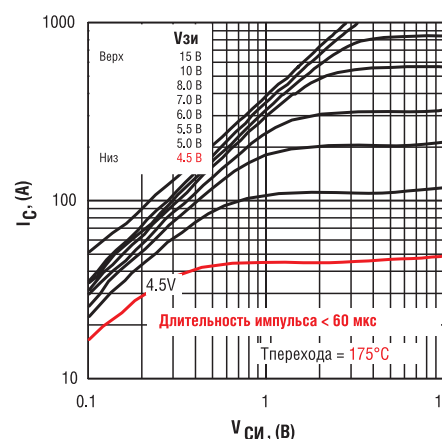
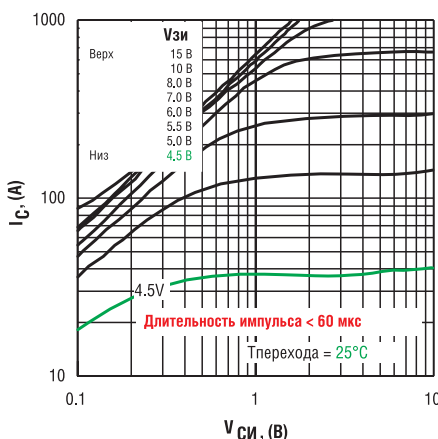


Рис. 3. Выходные характеристики **IRFP4004PBF** при длительности импульса менее 60 мкс

конденсаторов удваивается. Как известно, именно электролитические конденсаторы в большинстве случаев определяют время безотказной работы силового преобразователя.

Графические зависимости основных параметров 40-вольтового **IRFP4004PBF**

На рисунке 2 приведены зависимости сопротивления канала в открытом состоянии (максимальное значение при $U_{зи} = 10$ В) от температуры перехода и полного заряда затвора Q_g от напряжения $U_{зи}$ для транзистора **IRFP4004PBF**. Новейшая технология Trench HEXFET обеспечи-

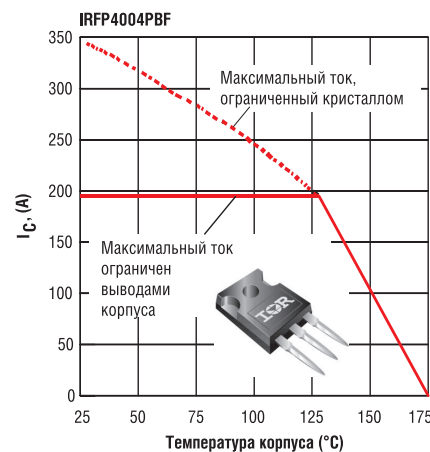


Рис. 4. Максимальные токи **IRFP4004PBF**, ограниченные кристаллом и выводами корпуса TO-247AC

вает низкий рост сопротивления открытого канала от температуры перехода. Новые транзисторы серии IRFPxxx обеспечивают высокие динамические характеристики при низкой мощности управления, устойчивость к лавинному пробое и надежную работу в режимах жесткого переключения в широком диапазоне частот.

На рисунке 3 приведены выходные характеристики IRFP4004PBF (графики снимались при длительности импульсов менее 60 мкс и температурах перехода 25°C и 175°C). Нижние кривые иллюстрируют работу транзистора при управляющем напряжении 4,5 В, что близко к логическим уровням цифровых микросхем с питанием от 5 В.

На рисунке 4 иллюстрируется зависимость максимально допустимых токов транзистора IRFP4004PBF от температуры корпуса, ограниченных кристаллом и выводами корпуса транзистора. К сожалению, полностью реали-

зовать потенциал кристалла транзистора IRFP4004PBF в корпусе TO-247AC невозможно (для этого нужен более мощный корпус), однако и корпус TO-247AC ограничивает ток для IRFP4004PBF на уровне 195 А (режимы измерения см. в документации производителя), что является очень высоким показателем для приборов такого класса.

Заключение

Главные преимущества новых МОП-транзисторов IR — ультранизкое сопротивление открытого канала и недорогой стандартный корпус TO-247AC. При модернизации серийно выпускаемых преобразователей энергии в большинстве случаев достаточно без изменения схемы и печатной платы заменить использованные ранее транзисторы на новые из серии IRFP4xxx. При замене нескольких параллельно включенных транзисторов на один новый получается ощутимый выигрыш в цене и надеж-

ности за счет снижения выделяемого тепла и увеличения срока службы электролитических конденсаторов. Всего пять новых транзисторов могут заменить большое количество транзисторов IR предыдущих поколений и довольно большое количество аналогичных приборов других производителей (см. таблицы 1, 2 и 3 данной статьи). В статье рассмотрены транзисторы только наиболее популярных мировых производителей MOSFET, хорошо известных нашим разработчикам, но, конечно, читатель может попробовать заменить и транзисторы от производителей, не рассмотренных выше. **5**

Ответственный за направление в КОМПЭЛе — Людмила Горева

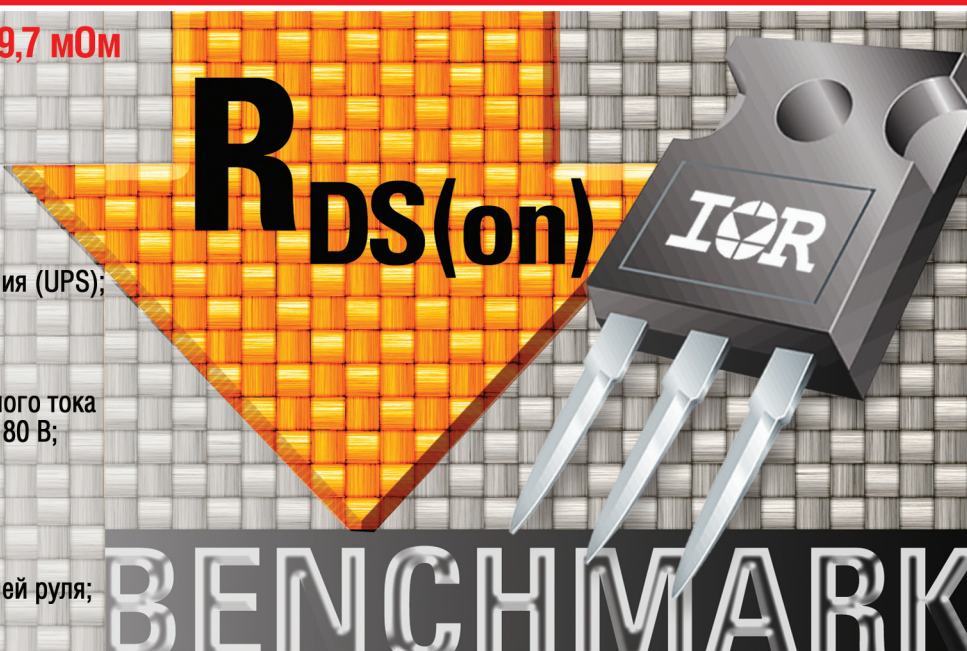
Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: power.vesti@compel.ru

International 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.



Компэл
www.compel.ru



Владимир Башкиров (International Rectifier)

НОВЫЕ СЕМЕЙСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ НИЗКОВОЛЬТНЫХ MOSFET

International
IR Rectifier

В номенклатуре *International Rectifier* заметную часть составляют **низковольтные силовые МОП-транзисторы**. Они широко востребованы рынком телекоммуникационного и компьютерного оборудования, на долю которого приходится около 50% поставляемой компанией продукции. Непрерывное ужесточение требований по эффективности и цене источников питания этого оборудования побудило IR существенно расширить номенклатуру низковольтных МОП-транзисторов для поверхностного монтажа. Добавлены новые приборы с лучшими на рынке показателями качество/цена.

Технология TrenchFET нового поколения

Кристалл силового МОП-транзистора характеризуют два основных показателя качества — удельное сопротивление канала $R \times AA$ (произведение сопротивления открытого канала на площадь активной зоны ячейки), характеризующее компактность и цену кристалла, и комплексный показатель потерь $R \times Qg$ (произведение сопротивления открытого канала на заряд затвора), учитывающий уровень потерь проводимости и потерь переключения. Эволюция этих параметров во времени у 30-вольтовых N-канальных МОП-транзисторов IR представлена на рис. 1.

С 2000 г. было освоено серийное производство первого поколения Trench FET IR (Gen8), что позволило за короткий срок увеличить компактность кристалла и снизить потери в несколько раз. С 2002 по 2005 гг. компанией внедрены более совершенные технологии нового поколения (Gen 10.52 и 10.55). Разработав к 2007 г. новую низковольтную технологию Trench FET Gen10.59, компания достигла цели создания кристаллов со сниженной ценой при несколько более высоких технических характеристиках. Это позволило создать новые семейства МОП-транзисторов с более высокими характери-

стиками и более низкой ценой чем у аналогов. Благодаря этим преимуществам новые приборы смогли стать универсальной заменой для широкой номенклатуры приборов предыдущих поколений и аналогов других производителей.

Эффективные по цене TrenchFET в стандартных корпусах для поверхностного монтажа

Новые 30-вольтовые транзисторы поколения 10.59 отличаются как низким сопротивлением канала, так и низким зарядом затвора. Эти особенности с учетом пониженной цены (из-за более ком-

пактного кристалла) делают их идеальными ключевыми приборами для применения в синхронных выпрямителях понижающих DC/DC-конверторов, широко распространенных в компьютерном и телекоммуникационном оборудовании. Низкие потери проводимости способствуют повышению КПД и тепловых режимов конвертора при полной нагрузке, а низкие потери переключения помогают достичь высокого КПД даже при малых нагрузках. Новые транзисторы производятся в наиболее популярных корпусах для поверхностного монтажа SO-8 и D-Pak. Их номенклатура представлена в таблице 1.

Транзисторы в корпусе D-Pak имеют логический уровень управления затвором. Благодаря тому, что новые транзисторы превышают по показателю качество/цена транзисторы предыдущих поколений IR и транзисторы других производителей, они являются универсальной заменой для широкой номенклату-

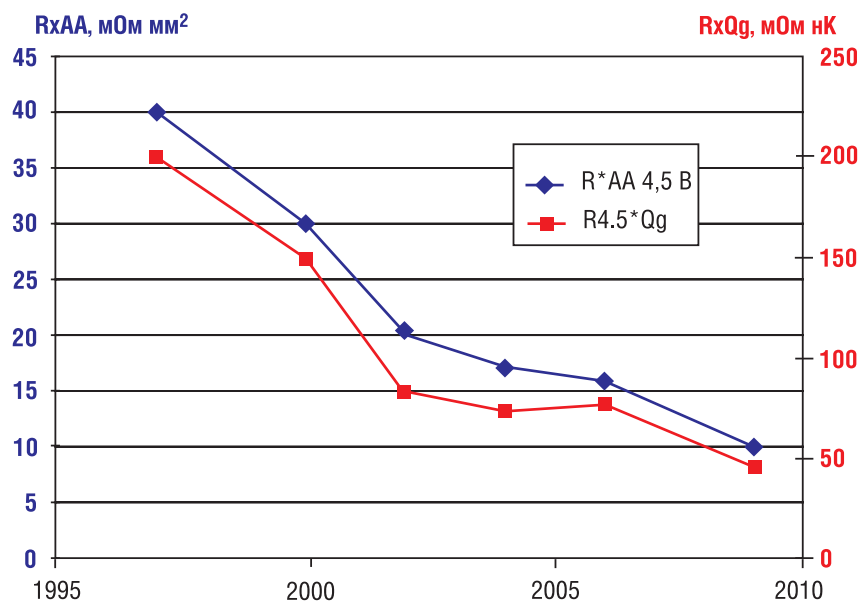


Рис. 1. Эволюция показателей качества 30-вольтового MOSFET

Таблица 1. Номенклатура TrenchFET для поверхностного монтажа

Наименование	Rds(on), МОм		Id, А		Qg, нК	Qgd, нК	Корпус
	Vgs = 4,5 В	Vgs = 10 В	25°C	70°C			
IRF8707PBF	14,2	9,3	8,3	6,6	9,5	2,4	SO-8
IRF8714PBF	13,0	8,7	14,0	11,0	8,1	3,0	SO-8
IRF8721PBF	12,5	8,5	14,0	11,0	8,3	3,2	SO-8
IRF8736PBF	6,8	4,8	18,0	14,4	17,0	5,8	SO-8
IRF7852PBF	4,5	3,7	21,0	17,0	30,0	9,8	SO-8
IRF8788PBF	11,8	8,4	24,0	19,0	44,0	14,0	SO-8
IRLR8721PBF	3,9	3,1	65,0	46,0	8,5	3,4	Dpak
IRLR8743PBF	3,8	2,8	160,0	113,0	39,0	13,0	Dpak

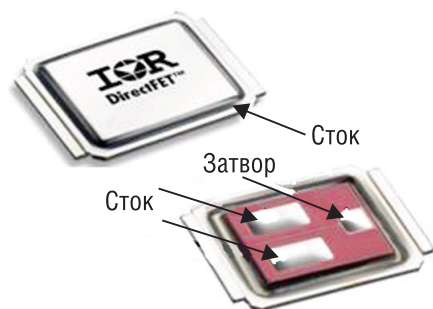


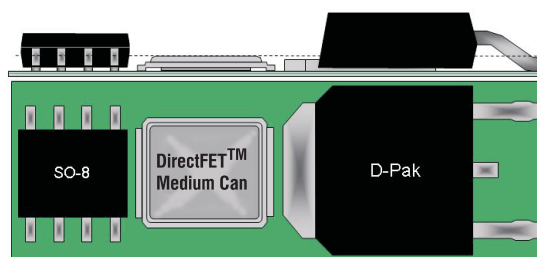
Рис. 2. Конструкция DirectFET

ры аналогов. Например, транзистор **IRF8736PBF** заменяет десять типоминиалов транзисторов IR и около 30 типоминиалов транзисторов STMicroelectronics, Fairchild, Renesas, Infineon, Siliconix Vishay. За счет этого появляется возможность провести эффективную унификацию схем источников питания при модернизации оборудования и сократить перечень применяемых транзисторов.

Второе поколение DirectFET

МОП-транзисторы, изготовленные по этой технологии, имеют столько преимуществ, что они в настоящее время доминируют в устройствах питания компьютерного оборудования и получили широкое распространение в источниках питания телекоммуникационного оборудования. Преимущества транзисторов DirectFET основаны на новой технологии корпусирования с применением металлической крышки-вывода стока и специфического кристалла транзистора с двусторонним расположением выводов затвора, источника и стока (рис. 2).

В транзисторах DirectFET отсутствует разварка кристалла и нет пластмассового корпуса. Благодаря этому преимуществами DirectFET являются:



SO-8	DirectFET™ Medium Can	D-Pak
5,00 x 6,20 x 1,78 (0,082г)	5,05 x 6,35 x 0,70 (0,085г)	6,73 x 10,42 x 2,38 (0,325г)
31,0 мм ²	32,1 мм ²	70,1 мм ²
55,2 мм ³	22,4 мм ³	166 мм ³

Рис. 3. Сравнение размеров корпусов для поверхностного монтажа

Наивысшая эффективность корпуса

Эффективность корпуса транзистора определяется отношением площадей кристалла и корпуса транзистора. При одинаковой площади кристалла транзисторы DirectFET имеют минимальную площадь и высоту. На рис. 3 представлено сравнение размеров корпусов SO-8, DirectFET типоразмера M (средний типоразмер) и D-Pak.

DirectFET "M" при сравнении с SO-8 площади занимает на 60% меньший объем. Он имеет на 54% меньшую площадь чем D-Pak, но в него можно поместить кристалл такого же размера. Малый корпус DirectFET "S" занимает такую же площадь, как корпус TSSOP-8 (объем меньше на 44%) и на 40% меньшую площадь, чем корпус SO-8. Перспективный корпус большого типоразмера DirectFET "L" занимает площадь на 10% меньше, чем у D-Pak и на 63% меньше, чем у D2Pak, но при этом в нем можно разместить кристалл большей площади, чем в корпусе D2Pak. Его масса почти вдвое ниже, чем у D-Pak и в 6 раз ниже, чем у D2Pak. Все типы кор-

пусов DirectFET имеют одинаковую и минимальную среди корпусов для поверхностного монтажа высоту 0,7 мм.

Ультранизкое электрическое сопротивление выводов корпуса

В транзисторах DirectFET электрический ток протекает по кратчайшему расстоянию — через кристалл и крышку корпуса (рис. 4). У транзисторов в корпусе SO-8, D-Pak и в разновидностях корпусов на их основе ток, кроме того, протекает через проволоки разварки кристалла и выводы корпуса.

Электрическое сопротивление корпуса DirectFET ниже 0,1 мОм, что более чем в 14 раз ниже, чем у классического SO-8 и в 3,5...12 раз ниже, чем у разновидностей корпусов на основе SO-8, D-Pak. Оно гораздо ниже электрического сопротивления кристалла при открытом канале.

Низкое термосопротивление, высокая рассеивающая способность корпуса

У транзисторов в пластмассовых корпусах из-за большого термосопротивления пластика тепло

Таблица 2. Параметры нового семейства DirectFET

Наименование	BVdss, В	Rds(on), МОм		Id, А		Qg, нК	Qgd, нК	Корпус
		Vgs = 4,5 В	Vgs = 10 В	25°C	70°C			
IRF6715MPBF	25	2,7	1,6	34	27	40,0	12,0	MX
IRF6716MTRPBF	25	2,6	1,6	39	31	39,0	12,0	MX
IRF6714MPBF	25	3,4	2,1	29	23	29,0	8,0	MX
IRF6713STRPBF	25	4,5	3,0	22	17	21,0	6,3	SQ
IRF6712STRPBF	25	8,7	4,9	17	13	12,0	4,0	SQ
IRF6710S2PBF	25	14,0	7,6	12	10	8,5	2,6	S1
IRF6721SPBF	30	8,5	5,1	14	11	11,0	3,7	SQ
IRF6722SPBF	30	8,0	4,7	13	11	11,0	4,1	ST
IRF6722MPBF	30	8,0	4,7	13	11	11,0	4,3	MP
IRF6724MPBF	30	2,7	1,9	27	21	33,0	10,0	MX
IRF6725MPBF	30	2,4	1,7	28	22	36,0	11,0	MX
IRF6726MPBF	30	1,9	1,3	32	25	51,0	16,0	MT
IRF6727MPBF	30	1,8	1,2	32	28	49,0	16,0	MX

Таблица 3. Транзисторы в корпусе PQFN

Наименование	BVdss, В	Rds(on), МОм		Id, А		Qg, нК	Qgd, нК	Корпус
		Vgs = 4,5 В	Vgs = 10 В	25°C	70°C			
IRFH7914TRPBF	30	13,0	8,7	15	12	8,3	2,8	PQFN
IRFH7921TRPBF	30	12,5	8,5	15	12	9,3	3,2	PQFN
IRFH7923TRPBF	30	11,9	8,7	15	12	8,7	2,7	PQFN
IRFH7932TRPBF	30	3,9	3,3	25	20	34,0	11,0	PQFN
IRFH7936TRPBF	30	6,8	4,8	20	16	17,0	5,5	PQFN

эффективно можно отвести от кристалла только через выводы корпуса. У транзисторов в корпусе SO-8 термосопротивление между кристаллом и печатной платой составляет 20°C/Вт, а сопротивление передачи тепла от кристалла на верхнюю поверхность корпуса — 55°C/Вт. У транзисторов в корпусах DirectFET термосопротивление кристалл-печатная плата составляет всего 1°C/Вт, а термосопротивление кристалл-поверхность корпуса 3°C/Вт. Температура корпуса DirectFET работающего транзистора может быть ниже вплоть до разницы в 50°C, чем у корпуса SO-8. Благодаря низкому термосопротивлению корпуса DirectFET способны рассеивать гораздо более высокую мощность, чем корпуса для поверхностного монтажа других типов. Тепло с поверхности DirectFET можно эффективно отвести обдувом, теплопроводящей пленкой или обдуваемым радиатором.

Низкая паразитная индуктивность корпуса

Из-за отсутствия проволок разварки кристалла корпуса DirectFET имеют самую низкую среди корпусов паразитную индуктивность. Она не превышает 5 нГн на частотах до 5 МГц, что втрое ниже, чем у SO-8, в 5

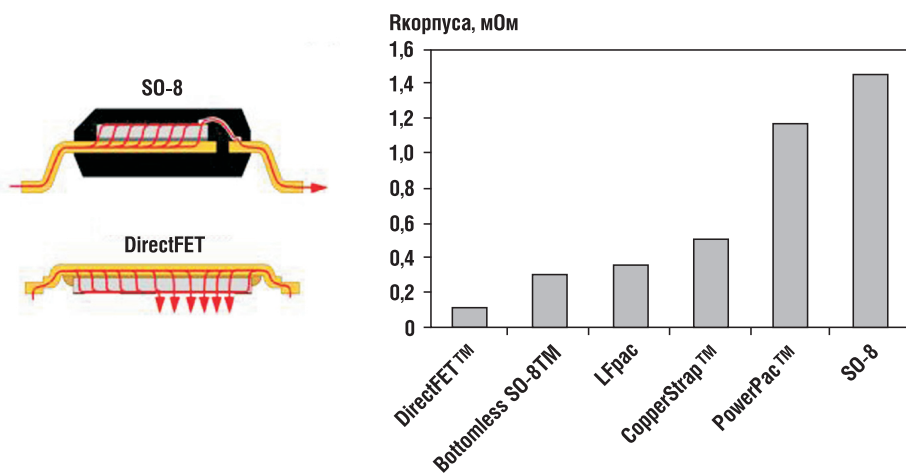


Рис. 4. Сравнение электрического сопротивления корпусов транзисторов

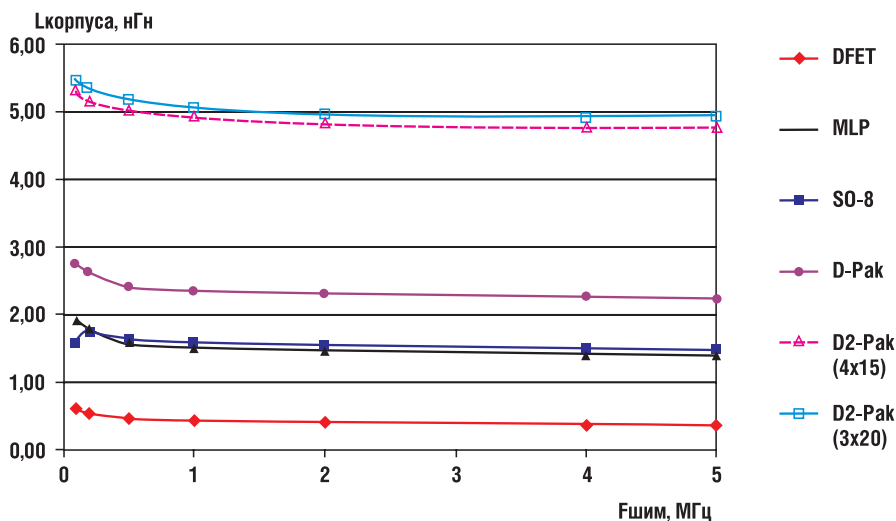


Рис. 5. Сравнение паразитной индуктивности корпусов

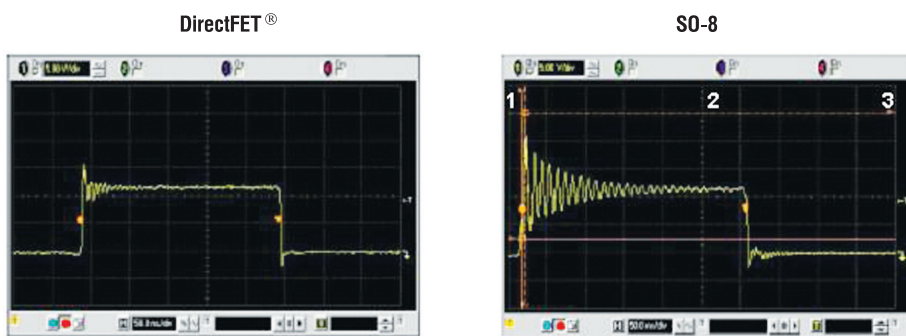


Рис. 6. Влияние паразитной индуктивности на качество переходных процессов

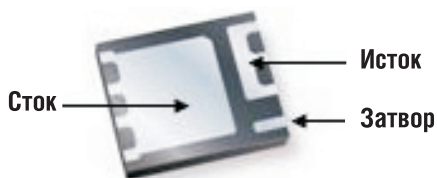


Рис. 7. Корпус PQFN

раз ниже, чем у D-Pak и в 10 раз ниже, чем у D2Pak (рис. 5).

Низкая паразитная индуктивность обеспечивает высокое качество переходных процессов в режимах переключения транзистора и возможность работы на высоких частотах ШИМ.

На рис. 6 для сравнения представлены осциллограммы напряжения «сток-исток» транзисторов в корпусе DirectFET и SO-8 при коммутации тока 30 А на частоте 500 кГц. Применение транзисторов в корпусах DirectFET дает возможность заменить до трех параллельно включенных транзисторов в корпусе SO-8 или до двух транзисторов в корпусе D-Pak, вдвое поднять объемную плотность энергии, резко снизить температуру в преобразователе. Номенклатура выпускающихся транзисторов в корпусах DirectFET перекрывают диапазон напряжений

20...200 В. Это позволяет применять их в преобразовательных устройствах со всеми номиналами напряжения батарейного питания и напряжений телекоммуникационных шин. Объединив преимущества технологии корпусирования DirectFET и технологии TrenchFET Gen10.59, компания IR приступила к началу производства нового поколения МОП-транзисторов DirectFET-2. Обновление номенклатуры коснулось диапазона напряжений «сток-исток» 25...30 В. Параметры новых транзисторов DirectFET представлены в таблице 2. Транзисторы нового поколения производятся в тех же корпусах, что позволяет произвести модернизацию и поднять КПД преобразования без изменения печатной платы.

Ультранизкое сопротивление открытого канала и низкий заряд затвора обеспечивают достижение КПД преобразования выше 90% в одно- и многофазных DC/DC-конверторах, применяемых в компьютерной технике. Благодаря компактности и ультранизким потерям перечень приложений транзисторов DirectFET постоянно расширяется. Помимо перечисленных выше приложений они нашли

применение в высококачественных аудиоусилителях, в инверторах солнечных батарей, приводах с батарейным питанием, применяемых в электроинструменте.

МОП-транзисторы в корпусе PQFN

Транзисторы в корпусе PQFN (силовой QFN) занимают промежуточное положение по эффективности между транзисторами в стандартных корпусах и в корпусах DirectFET. Корпус PQFN (рис. 7) занимает такую же площадь, как и SO-8, но имеет ряд преимуществ.

В нем можно разместить более крупный кристалл. Выводы стока и истока имеют большую площадь. Термосопротивление между кристаллом и выводами существенно ниже, чем у SO-8 (2,8°C/Вт). При этом цена корпуса ненамного выше. Поэтому транзисторы в этом корпусе могут быть использованы в преобразовательных устройствах с более высокими характеристиками, чем при применении транзисторов в корпусе SO-8 и с более низкой ценой, чем при применении DirectFET. Характеристики транзисторов в корпусе PQFN с кристаллами поколения Gen10.59 представлены в таблице 3.

Применение транзисторов в корпусе PQFN в синхронных выпрямителях понижающих DC/DC-конверторов обеспечивает понижение температуры ключа синхронного выпрямления на величину до 30°C и температуры управляющего ключа на 10°C, а также повышение КПД на 2%. Дальнейшее развитие номенклатуры полевых транзисторов IR предусматривает дополнение ее новыми транзисторами на диапазон напряжений 40...200 В с кристаллами новых поколений, в новых типоразмерах корпусов PQFN и DirectFET а также транзисторами, предназначенными для применения в автоэлектронике и промышленных приложениях.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

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

International Rectifier **Низковольтный MOSFET IFR8736PBF**

30V

Универсальная замена для десяти типов транзисторов IR и тридцати типов транзисторов STM, Fairchild, Renesas, Infineon, Vishay