

Новая серия высоковольтных 650-В транзисторов SuperFET III Fairchild Semiconductor

для построения высокоэффективных ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Алексей Евстифеев

Компания Fairchild Semiconductor анонсировала серию высоковольтных МОП-транзисторов 650 В под названием SuperFET3. Она отличается следующими особенностями: в несколько раз лучшие параметры Q_g и $R_{ds(on)}$ а также возможность переключения на высоких частотах (200 кГц и выше)

и стойкость собственного диода к высоким значениям прямого тока и dV/dt (это особенно важно для схем с мягким переключением).

Такие характеристики были получены благодаря развитию существующей технологии SuperFET, которая позволила наряду с прочим уменьшить

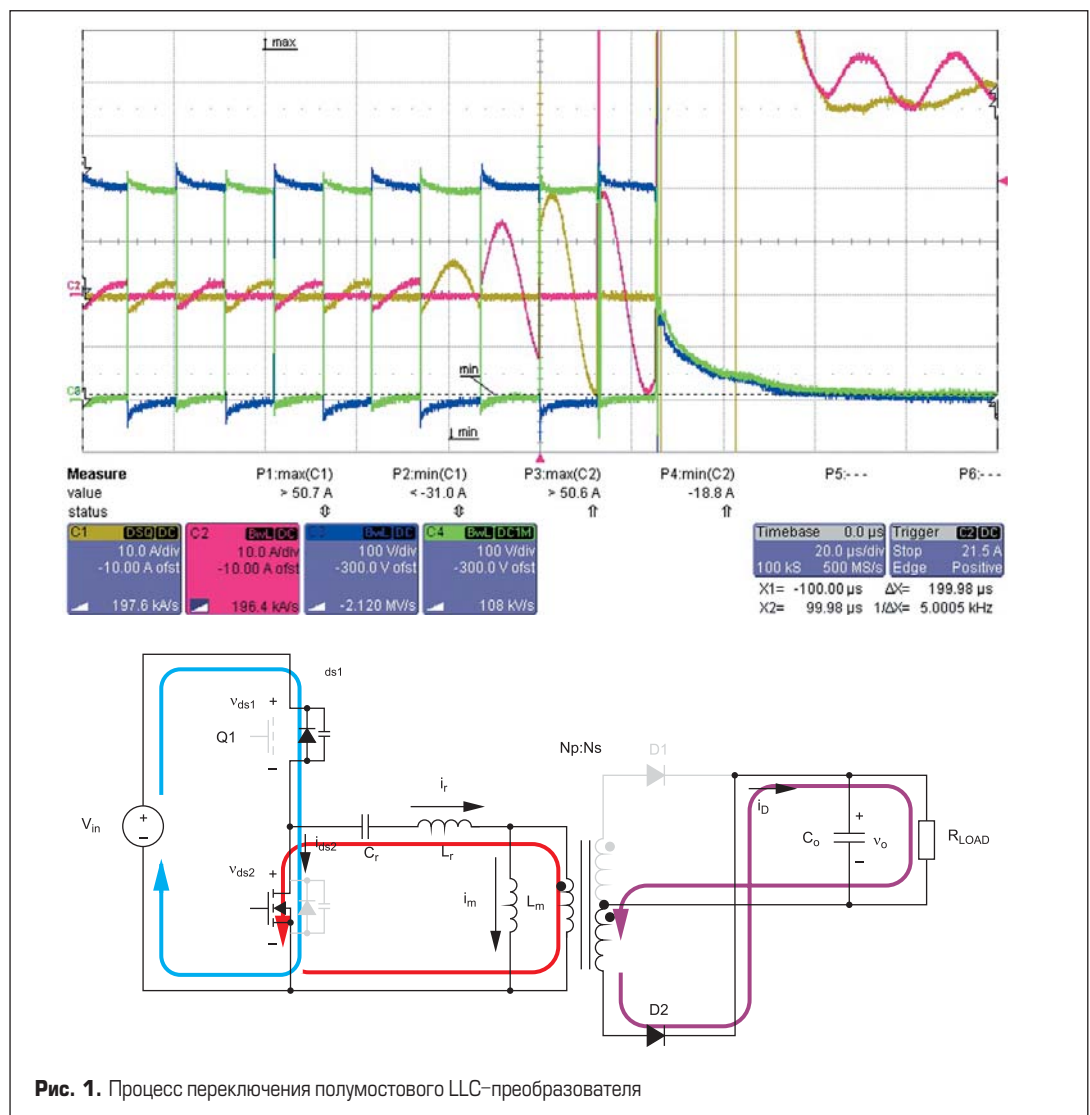


Рис. 1. Процесс переключения полумостового LLC-преобразователя

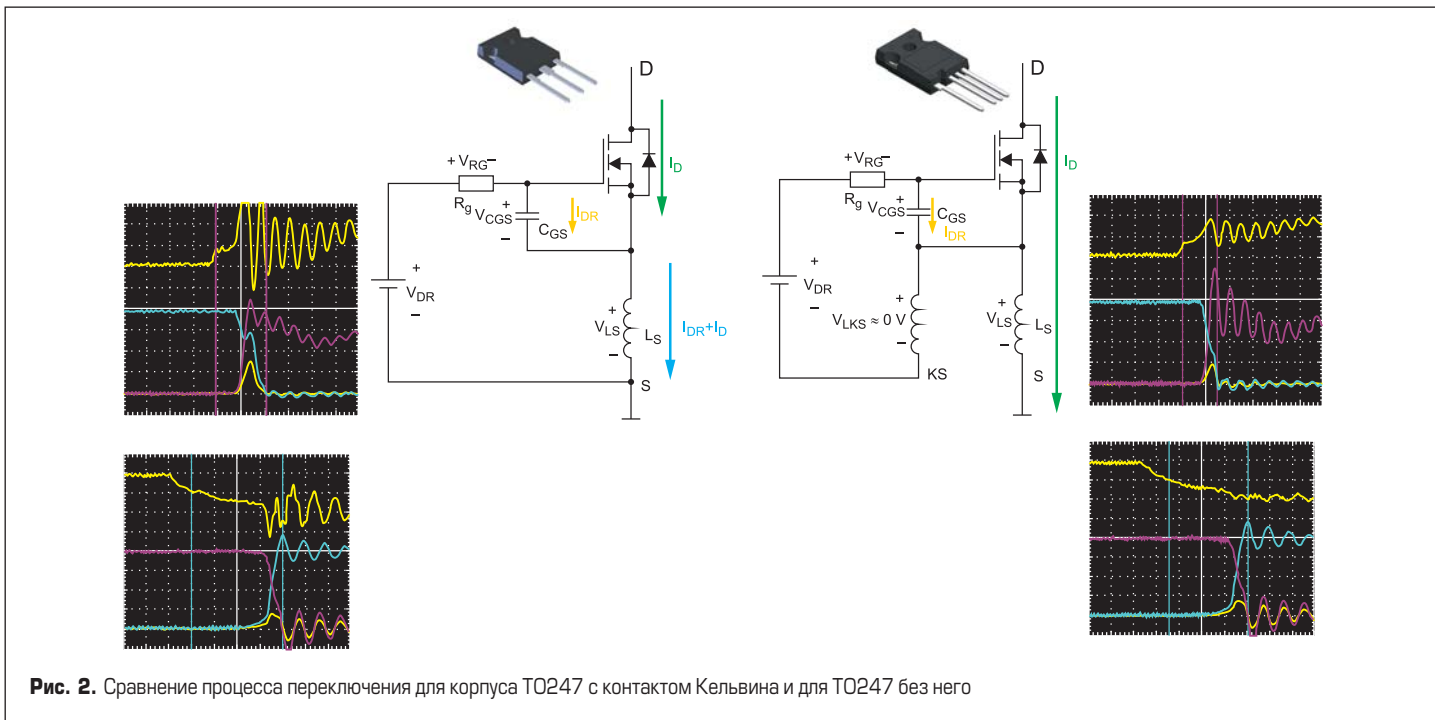


Рис. 2. Сравнение процесса переключения для корпуса TO247 с контактом Кельвина и для TO247 без него

размер кристалла транзистора. Например, в корпусе TO220 удалось разместить кристалл с сопротивлением 60 мОм, а в корпусе TO247 — 20 мОм (это в 2 раза лучше в сравнении с предыдущим поколением). Также, помимо R_{dson} , были улучшены и динамические характеристики (Q_g — заряд затвора, емкости). По сравнению с тем, что был у серии предыдущего поколения — SuperFET2, заряд затвора стал в 2–3 раза меньше, благодаря чему повысилась частота преобразования. В совокупности улучшение параметров Q_g и R_{dson} (уменьшение динамических и статических потерь) позволяет увеличить энергетическую плотность источников питания до 60 Вт/куб. дюйм и даже до 2 раз выше, чем было у предыдущего поколения, в том числе и благодаря возрастанию частоты преобразования. Только два производителя в мире, включая Fairchild Semiconductor (часть ON Semiconductor), в наши дни обеспечивают такой технологический уровень.

В настоящее время большинство мощных преобразователей работают в режимах мягкого переключения (топологии LLC резонансная или фазо-сдвигающая схема). В данных схемах особенно важны такие параметры, как скорость собственного паразитного диода и допустимый (пиковый) ток. При малых нагрузках, переходных режимах, режиме короткого замыкания LLC-преобразователь переходит в режим жесткого переключения, что показано на рис. 1 (режим K3). В таких режимах в контуре циркулируют достаточно большие токи, связанные с высоким Q_{rr} (зарядом обратного восстановления) диода (на осциллограмме выделено малиновым цветом). В этих режимах очень важны следующие параметры: Q_{rr} , время обратного восстановления, допустимый (импульсный) прямой ток собственного диода. Приборы серии SuperFET III обеспечивают данные требования к диоду. Так, для прибора FCH023N65S3 приведены максимальный и импульсный ток 75 и 300 А соот-

ветственно, а также допустимое значение dV/dt , равное 20 В/нс. Для его ближайшего конкурента значения токов не приведены, а значение dV/dt в 4–5 раз ниже. В результате транзисторы серии SuperFET III успешно работают в схемах с мягким переключением, в отличие от других аналогичных приборов, которые выходят из строя.

Также очень важный параметр — энергия лавинного пробоя. Он обеспечивает надежное функционирование прибора в нештатных ситуациях (кратковременные перегрузки, высоковольтные выбросы и др.). У приборов серии SuperFET III значение E_{as} (энергия одиночного импульса) в 4 раза выше, чем у ближайшего конкурента. Это обеспечивает высокую надежность проектируемого устройства.

В связи с постоянным повышением частоты преобразования и скорости переключения встает проблема снижения влияния паразитных параметров — индуктивностей разварки кристаллов и индуктивности выводов. Был разработан четырехвыводный корпус TO247

с контактом Кельвина. Такой корпус, содержащий два вывода истока — управляющий и силовой, сейчас является общепринятым стандартом, и его выпускают все ведущие производители. На рис. 2 показаны для сравнения стандартный и четырехвыводный корпус.

Как видно на рис. 2, применение контакта Кельвина позволяет практически устранить паразитный «звон» при переключении и существенно снизить динамические потери транзистора. В процессе переключения в трехвыводном корпусе участвует паразитная индуктивность в истоке (индуктивность разварки и выводов), на которой может появиться достаточно высокое напряжение, равное $L \times di/dt$, которое прикладывается с обратной полярностью к сигналу управления, вследствие чего транзистор переходит в активный режим, рассеивая дополнительную энергию в виде тепла.

На рис. 3 представлены подробные осциллограммы, позволяющие сравнить процессы переключения.

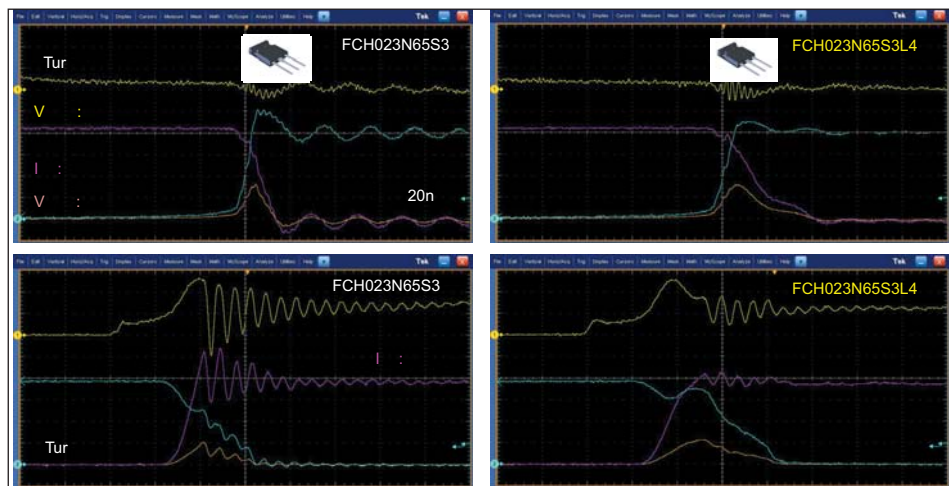
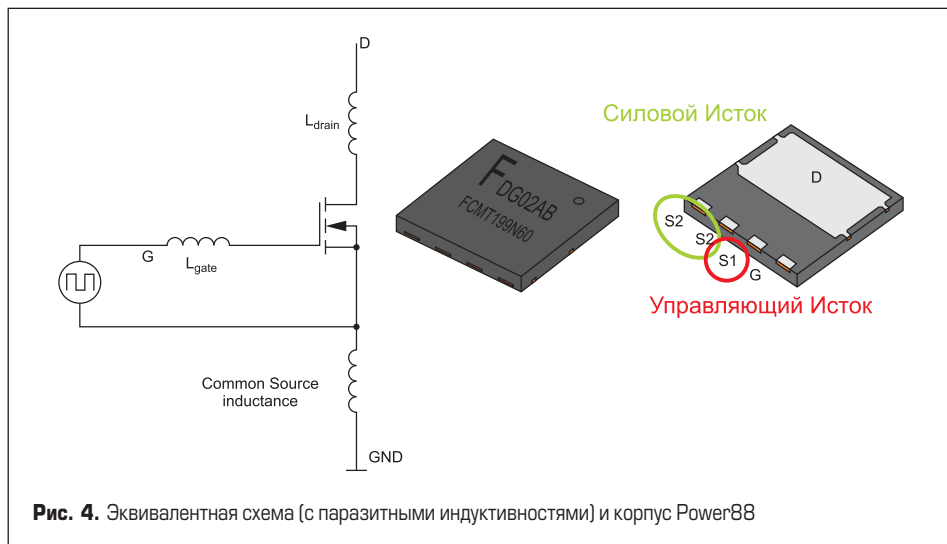


Рис. 3. Осциллограммы, позволяющие сравнить процессы переключения для корпуса TO247 и TO247 с контактом Кельвина



Поскольку требования к компактности и энергетической плотности постоянно возрастают, все большее распространение получают приборы в SMD-корпусах. Они не имеют выводов (значит, меньше паразитная индуктивность), требуют меньше места, позволяют отводить тепло на печатную плату и через изолирующую теплопроводную прокладку на корпус изделия. На рис. 4 представлен такой корпус Power88, также с контактом Кельвина.

Серия SuperFET III, анонсированная в 2016 г., будет расширяться — в ближайшее время она пополнится новыми приборами. Суперпереходная технология совершенствуется с каждым поколением, благодаря чему модели новых серий по характеристикам будут приближаться к приборам на основе GaN и SiC.