

# Семейство драйверов нижнего ключа от Infineon

решает критические проблемы заземления  
в импульсных источниках питания большой мощности

**Одной из критических проблем импульсных источников питания большой мощности является сдвиг потенциала шины заземления относительно входа драйвера, что может привести к его ложному срабатыванию. Это связано не только с прямым падением напряжения на шине, вызванным большими токами, но и с наличием паразитных индуктивностей. Так, переходные процессы при активации ключей полумостовых силовых каскадов служат причиной бросков напряжения, превышающих 100 В. Чтобы решить эту проблему и упростить общее схемотехническое решение источника питания, компания Infineon Technologies предлагает использовать новый вариант драйверов с истинно дифференциальными входами, что позволяет отказаться от гальванической развязки нижнего ключа и повысить надежность источника питания.**

**Губерт Байерл  
(Hubert Baierl)**

**Перевод, исправления  
и дополнения:  
Владимир Рентюк**

Специализированные интегральные микросхемы драйверов затвора нижних ключей (транзисторов низкой стороны мостовой и полумостовой топологии) довольно часто применяются в импульсных источниках питания (Switched Mode Power Supplies, SMPS — ИИП) и гарантируют должное функционирование силовых МОП-транзисторов при включении и выключении. Кроме того, эти микросхемы используются в повышающих корректорах коэффициента мощности (Boost-PFC), управляя высоковольтным силовым МОП-транзистором повышающего преобразователя, в высоковольтных каскадах таких DC/DC-преобразователей, как резонансный LLC-преобразователь (LLC — указывает, что преобразователь выполнен в топологии «индуктивность-индуктивность-емкость»), в коммутаторах с режимом переключения при нулевом напряжении (zero-voltage switching, ZVS). Они также эксплуатируются и в двухтактных прямоходовых преобразователях. Во всех перечисленных выше каскадах драйверы включают и выключают высоковольтные силовые МОП-транзисторы через трансформатор драйвера затвора, а при использовании таких драйверов в синхронных выпрямителях с центральным отводом они непосредственно подключаются к затворам низковольтных МОП-транзисторов. На рис. 1 в качестве примера приведена блок-схема силового каскада мощного импульсного блока питания, выполненного в полумостовой топологии резонансного LLC-преобразователя.

Уровни входного сигнала обычных микросхем драйвера затвора нижнего ключа определяются относительно потенциала «земли» (общего провода) микросхемы драйвера. Таким образом, если потенциал заземления драйвера из-за падения напряжения слишком высоко смещается относительно потенциала заземления микросхемы контроллера, то может произойти ложное срабатывание драйвера и, соответственно, нижнего ключа. Подобная ситуация отрицательно сказывается на работе и характеристиках ИИП, поскольку в этом случае в полумостовой схеме через открытые МОП-транзисторы пойдет сквозной ток и из-за возникшей перегрузки (фактически для них это означает короткое замыкание) они могут выйти из строя.

## **Проблемы, возникающие при жестком переключении**

В топологиях с жестким переключением (то есть не во время перехода через нуль тока), таких как ККМ и силовые каскады прямоходовых двухтактных преобразователей, особое внимание следует уделять паразитной индуктивности, присутствующей в той или иной мере в точке подключения истока силовых полевых МОП-транзисторов к заземляющим проводникам печатной платы. Жесткое переключение идет рука об руку с высокой скоростью нарастания тока  $di/dt$ , что, в свою очередь, приводит к коммутационным помехам на шине заземления.

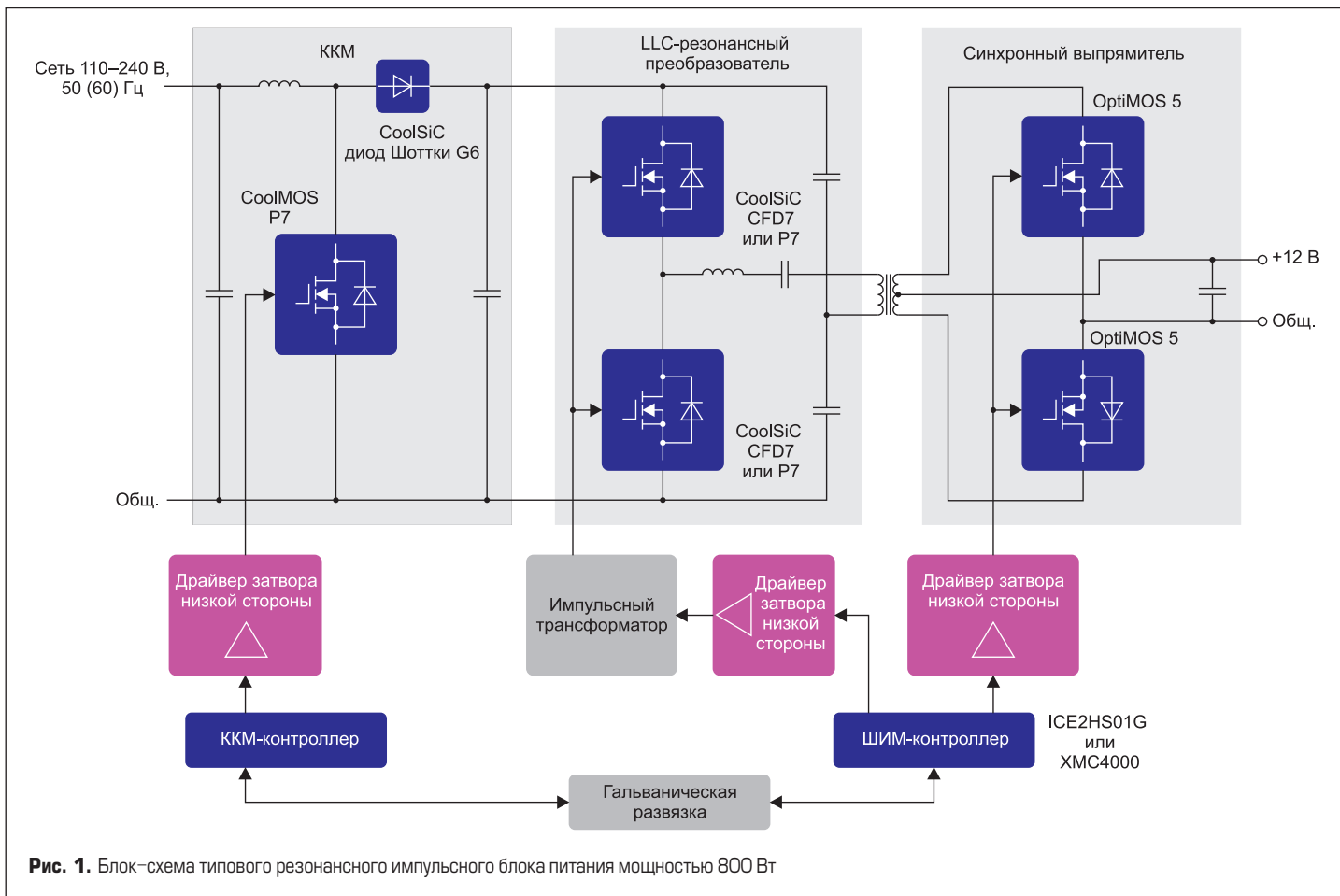


Рис. 1. Блок-схема типowego резонансного импульсного блока питания мощностью 800 Вт

Эти коммутационные помехи представляет собой экспоненциально затухающие колебания высокого напряжения с частотой в диапазоне 50–120 МГц и амплитудами с полным размахом до ±70 В. Это также является одной из основных причин возникновения сдвига потенциала заземления между общими выводами микросхем ШИМ-контроллера и драйвера затвора, возникающего в момент переключения. Чем выше номинальная мощность ИИП, тем сильнее проявляется данный эффект. Кроме того, если конструкции печатных плат не являются оптимальными из-за финансовых ограничений и специфики требований в части конструктивного исполнения, ситуация может усугубиться еще более.

Решить такую проблему достаточно сложно. В конечном итоге, чем ниже паразитная индуктивность «земли» в контуре силового питания, тем ниже будут индуцированные в ней колебания и тем меньше риск ложных срабатываний драйвера затвора. Чтобы сохранить нежелательный сдвиг «земли» как можно ниже, у разработчиков ИИП есть несколько вариантов. Они могут выполнить динамический контур затвора на минимальной физической области печатной платы и использовать заземления на печатной плате в виде отдельных трасс, что позволяет обеспечить путь возврата тока цепи управления с наименьшей возможной индуктивностью. Другие решения предполагают проектирование выходных трасс драйверов затвора, которые выполняются как можно более широкими проводниками, использование без-

выводных силовых МОП-транзисторов или силовых МОП-транзисторов с дополнительным выводом истока, предусмотренным для подключения транзистора по схеме Кельвина (то есть цепь измерения тока, управления или регулирующей обратной связи выведена из контура больших токов), что уменьшает влияние последствий от жесткой коммутации ключа на схему управления затвором. Все эти решения работают, но могут усложнить и значительно увеличить занимаемую площадь и стоимость конечной конструкции ИИП.

**Причина ложного срабатывания обычных микросхем драйверов затворов транзисторов низкой стороны**

В обычной микросхеме драйвера затвора нижнего ключа интерпретация сигналов управления и включения всегда выполняется относительно потенциала общего провода как источника нулевого опорного напряжения, который подсоединен к точке заземления этого драйвера. В примере, показанном на рис. 2, выход понимается как логически выключенный (OFF), если входной сигнал  $V_{IN-L_{max}}$  не превышает 0,8 В относительно «земли». И наоборот, если уровень входного сигнала  $V_{IN-H_{min}}$  находится не менее чем на 2,0 В выше потенциала «земли», то в этом случае выход считается логически включенным (ON).

Для того чтобы лучше понять проблему, возникающую при смещении потенциала «земли» драйвера затвора, следует учесть, что

входы драйвера обычно подключаются к микросхеме ШИМ-контроллера преобразователя. С электрической точки зрения микросхема ШИМ-контроллера имеет более стабильный потенциал заземления, чем шина заземления драйвера. В некоторых конструкциях ситуация ухудшается еще более, чем было описано ранее. Это происходит, когда контакт заземления микросхемы драйвера затвора находится далеко от точки заземления ШИМ-контроллера. Так может произойти, например, в случае, когда по конструктивным соображениям микросхема ШИМ-контроллера

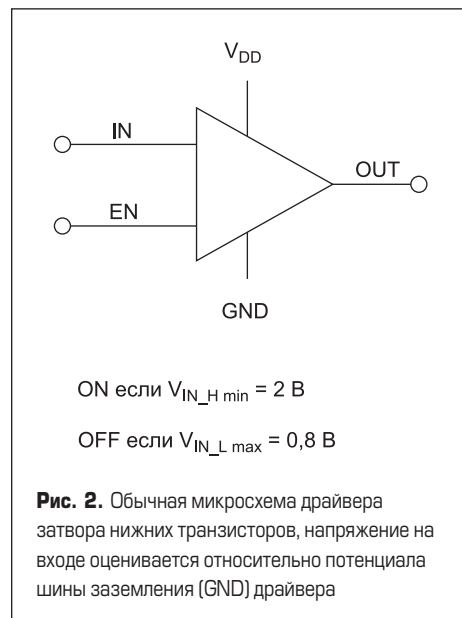
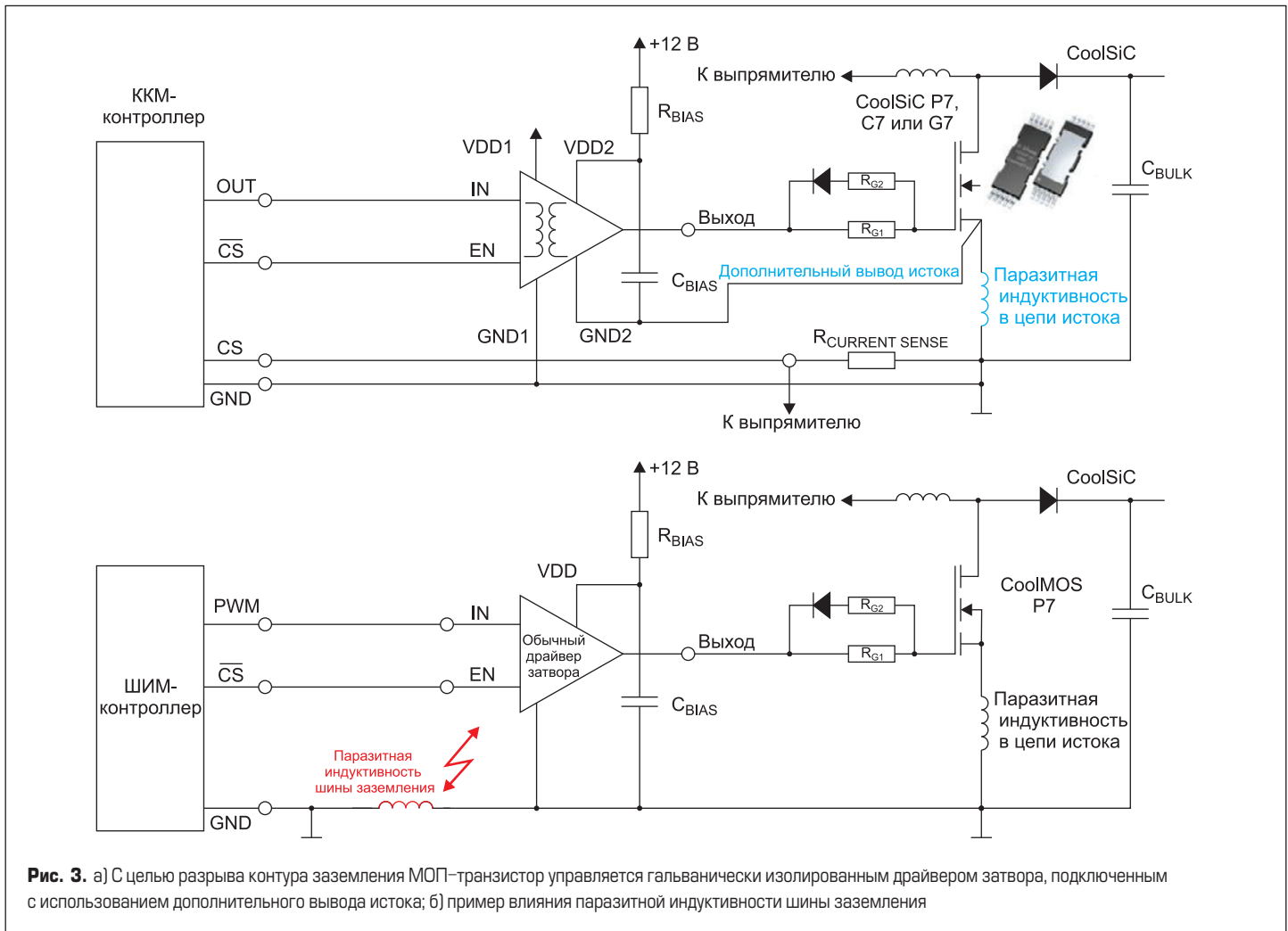


Рис. 2. Обычная микросхема драйвера затвора нижних транзисторов, напряжение на входе оценивается относительно потенциала шины заземления (GND) драйвера



находится на отдельной плате, подключенной или вставленной в основную силовую плату ИИП.

На рис. 3а показан ККМ с использованием силового МОП-транзистора, который снабжен дополнительным выводом истока, что, как уже было сказано выше, обеспечивает подключение управления по схеме Кельвина. Здесь для развязки двух потенциалов заземления предусмотрена гальванически изолированная микросхема драйвера затвора. То есть «земля» контролера (GND1) и «земля» собственно схемы драйвера затвора нижнего ключа (GND2) оказываются разделены. Эта технология называется «разрыв существующего контура заземления» (в англ. терминологии cutting the ground loop — «разрезка петли заземления»).

В схемах типа той, что показана на рис. 3а, дополнительный контакт истока используется для уменьшения влияния на потенциал заземления микросхемы драйвера затвора и паразитной индуктивности силовой цепи истока мощного МОП-транзистора. Измерения преобразователей, выполненных с помощью таких топологий, показывают, что колебания потенциала «земли» между микросхемой ККМ-контроллера и общего вывода (GND2) микросхемы драйвера затвора все еще могут находиться в пределах до ±6 В.

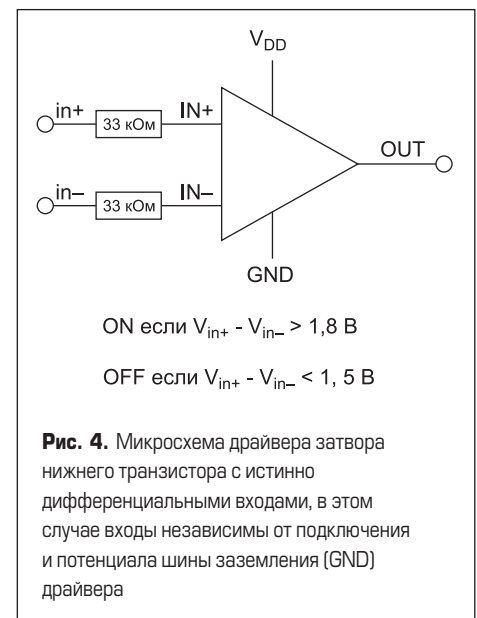
Как известно, в маломощных ИИП достижение наивысшей, как сейчас принято говорить, производительности, под которой подразуме-

ваются и общие электрические характеристики, и коэффициент полезного действия (КПД), не всегда является главной задачей разработчика. Во многих случаях приоритетны требования к механической конструкции, а также стоимость компонентов и печатных плат. Именно это, как правило, становится основным соображением, принятым как базовое при их проектировании. Такие ограничения могут привести к проектированию ИИП с более длинными, чем это было бы оптимально и желательно, расстояниями и линиями связи между микросхемами драйвера затвора и ШИМ-контроллером. Кроме того, экономия может заставить проектировщика использовать однослойные печатные платы и исключить применение изолированных драйверов. При таких обстоятельствах паразитные индуктивности появляются и в шинах заземления (рис. 3б). В представленном примере переключение силового МОП-транзистора может легко привести к динамическому сдвигу потенциала заземления между ШИМ-контроллером и драйвером затвора до ±20 В.

**Решение проблемы разности потенциалов заземления — в использовании микросхемы драйвера нижнего ключа с истинно дифференциальными входами**

Если микросхема драйвера затвора имеет истинно дифференциальные входы, то его

управляющие сигналы в значительной степени независимы от потенциала общего провода этой микросхемы. Здесь значение имеет исключительно и только разность напряжений между его входами, только она влияет на включение или выключение ее выхода. Например, если потенциал  $V_{in+}$  выше потенциала  $V_{in-}$  на 1,8 В, это интерпретируется как «логическое включено» (ON). Если разница



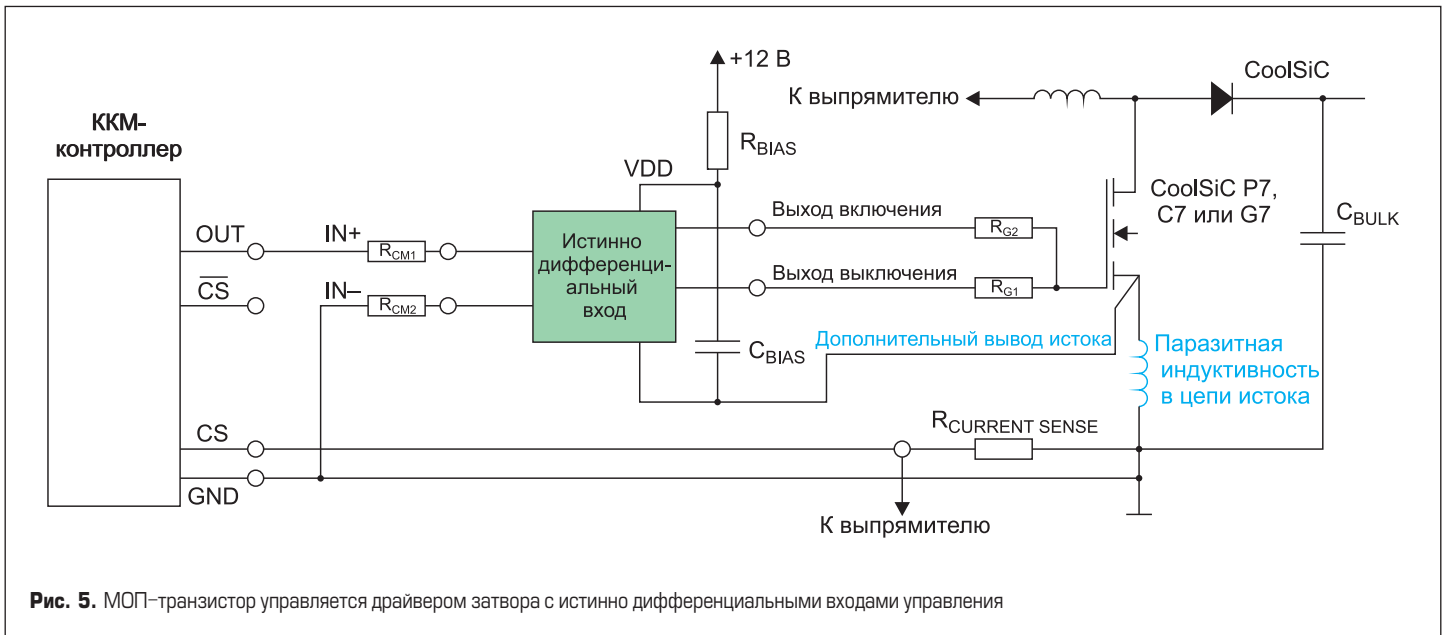


Рис. 5. МОП-транзистор управляется драйвером затвора с истинно дифференциальными входами управления

составляет менее 1,5 В, это интерпретируется как «логическое выключено» (OFF).

С этой целью компания Infineon предлагает разработчикам к применению в ИИП микросхемы высокой мощности 1EDN7550B и 1EDN8550B, выпускаемые под торговой маркой EiceDRIVER. Данные микросхемы представляют собой одноканальные драйверы затворов нижнего ключа, которые могут должным образом функционировать с постоянным (статический режим) сдвигом по шине GND до уровня  $\pm 70$  В. Если на «земляной» шине имеются переходные, что достаточно типично при переключении силовых МОП-транзисторов, эти микросхемы надежно и без ложных срабатываний выдерживают броски напряжения в пике в пределах  $\pm 150$  В. Это все можно характеризовать как устойчивость по входам предлагаемых драйверов для синфазной статической и динамической помехи.

Поскольку функционирование микросхем 1EDN7550B и 1EDN8550B основано на разности напряжений между двумя входами, то самым важным правилом при их использовании для проектирования является размещение двух так называемых синфазных резисторов максимально физически близко к двум входным контактам микросхемы драйвера. Причем разводка входов должна выполняться геометрически симметрично, что необходимо для минимизации рассогласования, вызванного влиянием паразитной индуктивности. Разводка выходной цепи и подключение питания (вывод VDD) выполняются аналогично обычным образом, используемым при разводке плат с широко распространенными одноканальными микросхемами драйвера затвора нижнего ключа. Так что при модернизации существующих конструкций ИИП с переходом на применение более устойчивого решения драйвера на базе микросхем 1EDN7550 или 1EDN8550 необходимо будет изменить только их подключение по входу.

Микросхемы драйверов затворов 1EDN7550B и 1EDN8550B EiceDRIVER предлагаются в ма-

логабаритном стандартном шестиконтактном корпусе типа SOT-23. Такое исполнение, по сравнению с использованием гальванически изолированных драйверов, дает возможность повысить плотность мощности конечного решения. Второе преимущество, которое достигается благодаря использованию данного типа корпуса, заключается в том, что разработчики могут размещать эти драйверы в наиболее оптимальном месте по отношению к затвору силового МОП-транзистора, которым они управляют. Подключение драйвера приведено на рис. 5.

### Заключение

Микросхемы драйверов затворов нижнего ключа с истинно дифференциальными

входами управления, такие как 1EDN7550B или 1EDN8550B компании Infineon, могут выдерживать синфазное смещение до  $\pm 70$  В статическом и до  $\pm 150$  В (пиковое) динамическом режимах (рис. 6). Оба эти значения находятся в пределах рабочего диапазона и применимы на практике, но при условии, что печатная плата разработана с учетом приведенных в спецификации на указанные драйверы рекомендаций по их компоновке.

С помощью микросхем 1EDN7550B и 1EDN8550B можно разработать одноканальные драйверы затворов низкой стороны для управления МОП-транзисторами, такими как CoolMOS P7, C7 или G7. Эти драйверы имеют дополнительный вывод истока для организации схемы управления,

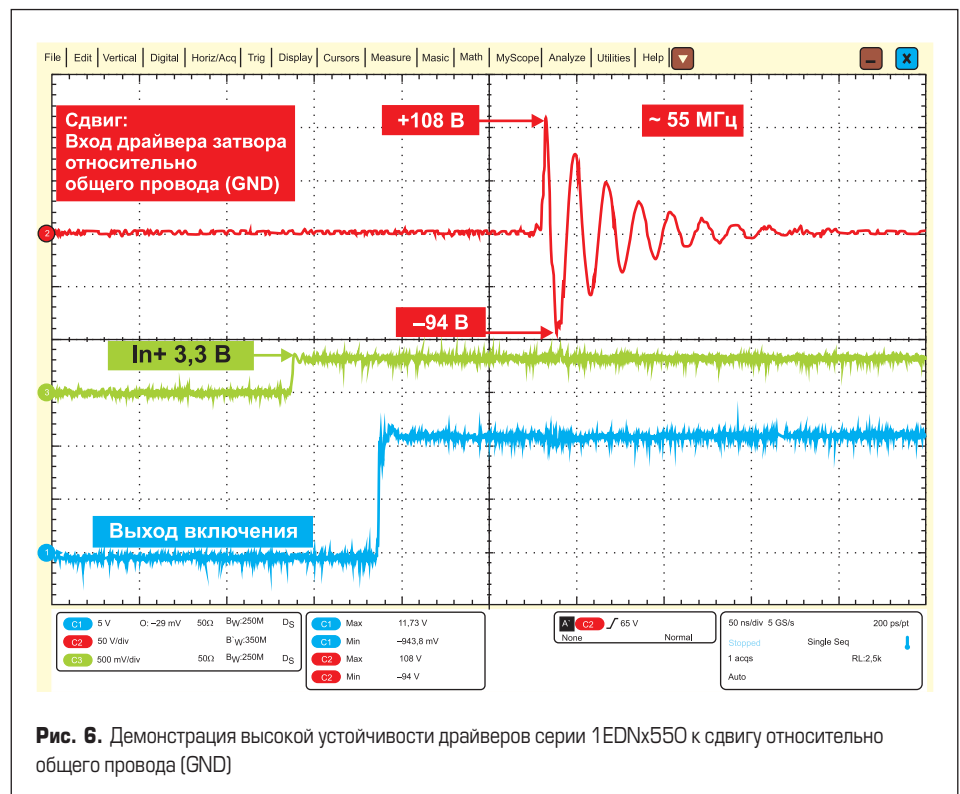


Рис. 6. Демонстрация высокой устойчивости драйверов серии 1EDNx550 к сдвигу относительно общего провода (GND)



Рис. 7. Демонстрационная плата 2,5-кВт ККМ с драйвером 1EDN7550 и четырехвыводным CoolSiC

в приложениях, например ККМ, мощностью до 2,5 кВт, внешний вид демонстрационной платы которого показан на рис. 7.

Здесь нет необходимости разрывать контур заземления, применяя гальванически изолированные драйверы.

Как было экспериментально доказано и можно видеть на рис. 6, микросхемы 1EDN7550B и 1EDN8550B обеспечивают достаточную устойчивость к сдвигам потенциала общей «земляной» шины (GND), что является обычным для больших однослойных печатных плат, а также в приложениях, где выполнение конструктивных требований приводит к увеличению длины линий связи между микросхемами ШИМ-контроллера и драйвера затвора.

Сочетание доказанного качества и высокой надежности продуктов компании Infineon с преимуществами предлагаемых микросхем управления затвором нижнего ключа с истинно дифференциальными входами управления приводит к сокращению времени на НИОКР конечного продукта, достижению более высокой плотности мощности, большей устойчивости к неблагоприятным воздействиям окружающей среды и более эффективным конструкциям — и все это по более низкой цене, чем при использовании традиционных решений.

### Литература

1. Сайт компании Infineon. [www.infineon.com/TDI](http://www.infineon.com/TDI)