

# Драйвер 2ED020112-F для IGBT/MOSFET-транзисторов

## на основе технологии CLT

**В настоящее время микросхемы драйверов для IGBT или MOSFET широко используются во многих областях силовой электроники и электротехники. Однако серьезной проблемой остается электрическая изоляция управляющих цепей от высокого напряжения силовой части. Практически все решения сегодня основываются на применении оптронных гальванических развязок, внешних трансформаторов или преобразователей уровня напряжения, призванных обеспечить корректную работу и высокое качество изоляции. В данной статье рассматривается новый подход, реализованный в ИМС драйвера 2ED020112-F с интегрированным трансформатором без сердечника.**

**А. Волке,  
М. Хорнкамп,  
Б. Стрзалковский**  
(компания  
**Infineon Technologies AG**  
и **eures GmbH**, Германия)  
**Николай Лишманов**  
**Андрей Копылов**

### О технологии трансформатора без сердечника

Сегодня основными методами по обеспечению надежной изоляции цепей управления от силовой части являются: использование оптоэлектронных развязок, различных трансформаторов или интегральных преобразователей уровня напряжения. Каждое из этих решений имеет хорошо известные достоинства и недостатки. Главная задача технологии трансформатора без сердечника (Coreless Transformer Technology, CLT) — объединить плюсы вышеописанных методов и в то же время избежать присущих им недостатков. Это, в частности, означает обеспечение высокого качества изоляции, не подверженной старению и гарантирующей абсолютную надежность на протяжении всего срока эксплуатации. Кроме того, необходимо сохранить миниатюрные размеры корпуса, хорошую совместимость с дополнительными логическими схемами и невысокую стоимость производства. Основа технологии CLT — плоский микротрансформатор, выполненный на интегральном уровне в одном корпусе с полупроводниковыми структурами. Трансфор-

матор осуществляет гальваническую развязку входных и выходных цепей, обеспечивая вместе с тем высокое качество передачи сигнала.

### Краткое описание полумостового драйвера 2ED020112-F

Разработка ИС драйвера 2ED020112-F началась с усовершенствования современных драйверных решений, о которых уже было упомянуто выше.

ИС 2ED020112-F содержит два канала для управления полумостовыми схемами на основе IGBT или MOSFET, причем канал управления верхним плечом гальванически развязан с нижним благодаря микротрансформатору, реализованному по технологии CLT. Основные электрические параметры ИС драйвера следующие:

- номинальное рабочее напряжение до 1200 В;
- выходное управляющее напряжение от 0 до +18 В;
- максимальный выходной ток +1 А/-2 А.

Использование технологий CLT и SPT 5 позволило достичь длительности задержки передачи управляющего сигнала 50 нс при рассогласовании всего в  $\pm 10$  нс. Кроме того, ИС содержит дополнительный операционный усилитель (ОУ) общего применения и компаратор с открытым коллектором.

### Стойкость к электромагнитному излучению

Хорошая изоляция — далеко не единственное требование к драйверу промышленного применения. Исключительно важным свойством является его стойкость к электромагнитным помехам со значительной скоростью нарастания напряжения  $dV/dt$  и защищенность от изменения внешнего магнитного поля. В структуре ИС 2ED020112-F самым восприимчивым



Рис. 1. а) Внешний вид ИС; б) упрощенная внутренняя структура драйвера 2ED020112-F

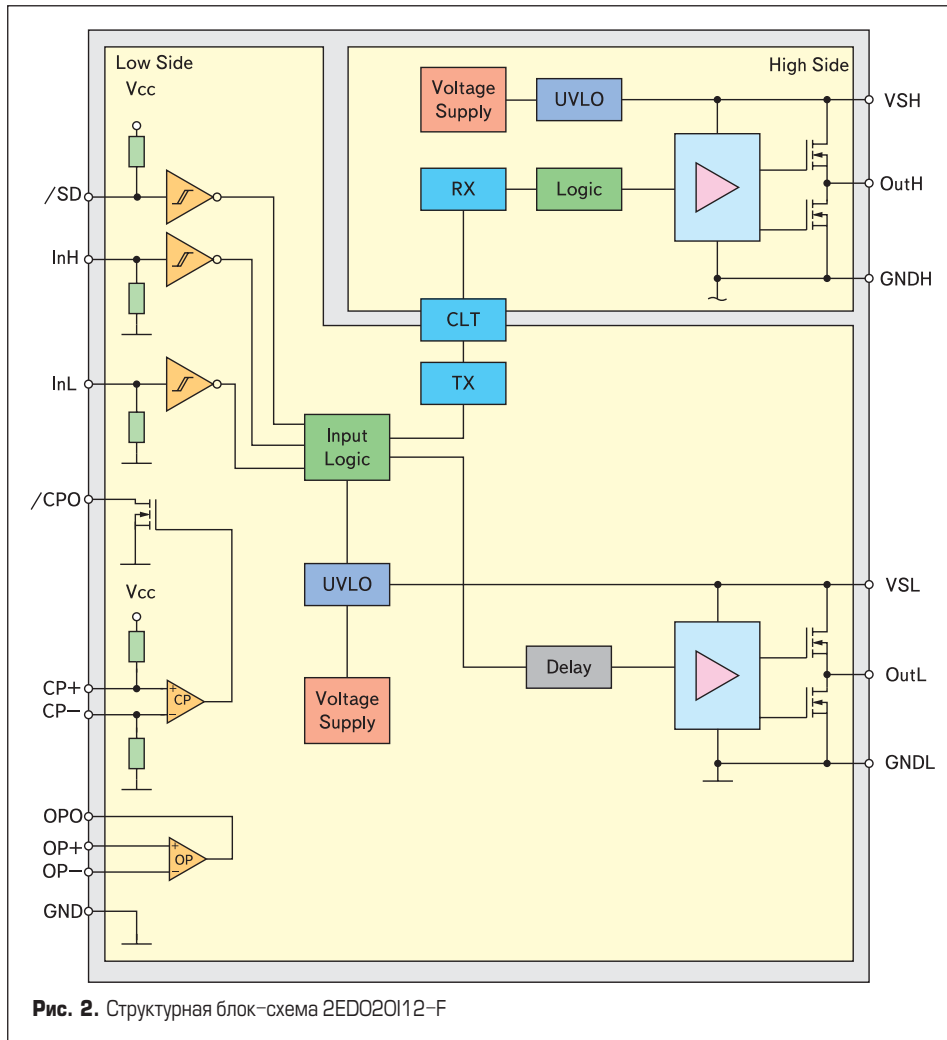


Рис. 2. Структурная блок-схема 2ED020I12-F

звеном в этом отношении является, безусловно, микротрансформатор. Проведенные испытания показали стойкость 2ED020I12-F к электромагнитным помехам с динамическими параметрами не менее 50 кВ/мкс и 100 А/м/нс. Такие хорошие результаты достигнуты благодаря малой собственной емкости микротрансформатора (менее 0,2 пФ), пониженной внутренней паразитной емкости и электромагнитному экранированию.

### Анализ работы драйвера в режиме однополярного управления

В большинстве технических описаний на силовые IGBT-модули приводится номи-

нальное управляющее напряжение на затворе со значениями -15 В и +15 В. Однако драйвер 2ED020I12-F обеспечивает значения смещения на затворе от 0 до +15 В. Поэтому появляется ряд вопросов, например: каким должно быть сопротивление резистора затвора  $R_G$ , каковы будут потери энергии при включении и выключении ( $E_{on}$ ,  $E_{off}$ ) и как повлияет на время включения и выключения ( $t_{d_{on}}$ ,  $t_{d_{off}}$ ) напряжение управления. Сопротивление резистора в цепи затвора — один из важнейших параметров, определяющих потери при выключении IGBT. Чтобы рассчитать его значение для определенной выделяемой мощности при выключении в условиях однополярного управления силовым транзисторным ключом, ис-

пользуется следующее эмпирическое правило:

$$R_{0/15} \approx 1/3(R_{-15/15}), \quad (1)$$

где 1/3 — множитель, определяемый из соотношения (2) при условии, что постоянное напряжение, обусловленное эффектом Миллера  $V_{MP}$ , находится в пределах от +8 до +10 В в зависимости от конкретного типа IGBT-кристалла и тока коллектора.

$$(V_{MP} - 0V)/(V_{MP} - (-15V)). \quad (2)$$

На рис. 3 представлен график, достаточно точно отображающий зависимость потерь энергии при выключении от сопротивления резистора в затворе  $E_{off} = f(R_G)$  при различных управляющих напряжениях. Из графических зависимостей видно, что при одинаковых величинах энергопотерь, например,  $E_{off} \approx 1,55$  мДж, значение множителя 1/3 соблюдается. Так, при напряжении на затворе от 0 до +15 В сопротивление  $R_{G0/15} = 62$  Ом, а при напряжении от -15 В до +15 В —  $R_{G-15/15} = 180$  Ом.

В отличие от выключения, при включении не существует разницы между однополярным (от 0 до +15 В) и двухполярным (от -15 до +15 В) управлением. Причина в том, что потери при включении зависят от тока коллектора  $I_C$  IGBT-ключа. В свою очередь,  $I_C$  зависит только от напряжения на затворе, то есть, согласно передаточной функции, представленной на рис. 4, коллекторный ток потечет лишь тогда, когда напряжение на затворе будет больше нуля. Соответственно, нет никакой разницы между начальным управляющим смещением 0 В и -15 В.

Преимущество двухполярного управления — это подавление возможных электромагнитных помех и бросков напряжений, возникающих при отключении IGBT. Этот эффект важно учитывать для среднечастотных и мощных устройств, однако он почти не проявляется в области средних и малых мощностей.

В отличие от включения при двухполярном управлении IGBT, при однополярном наблюдается меньшее время задержки. Значения этого времени  $t_{d_{on}}$ , снятые для нескольких значений сопротивлений в цепи затвора, представлены на рис. 5.

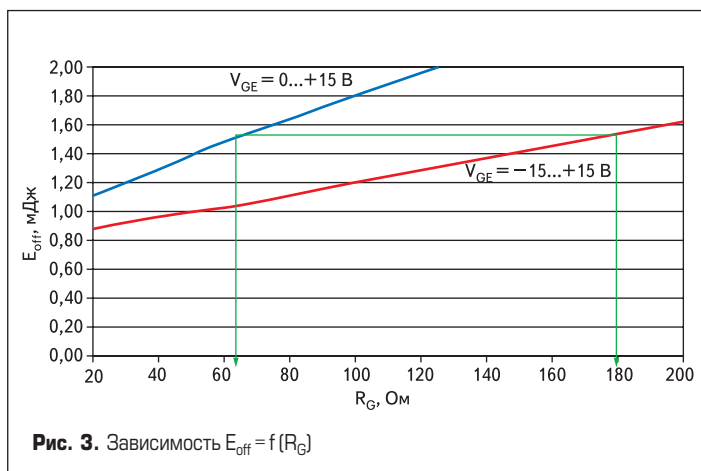


Рис. 3. Зависимость  $E_{off} = f(R_G)$

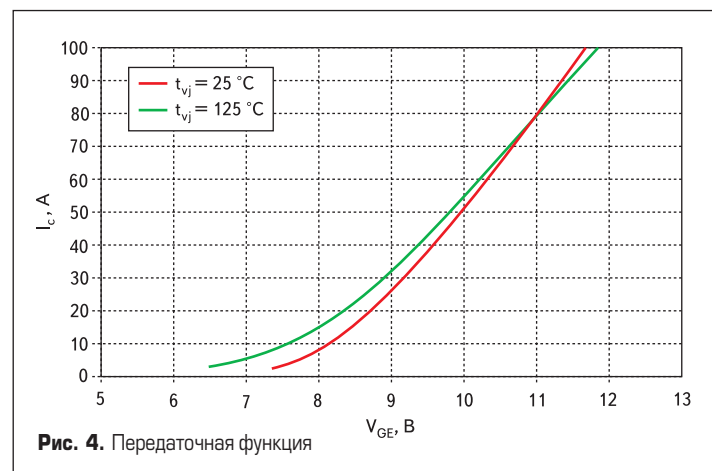
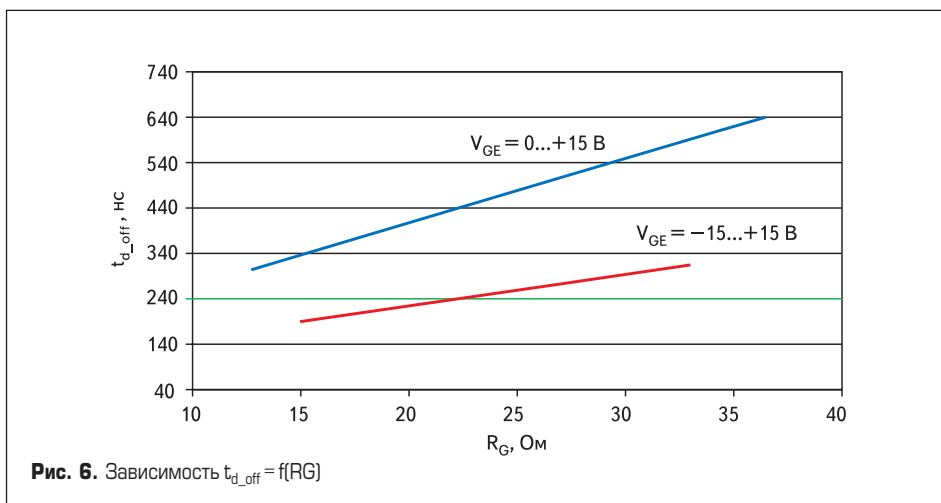
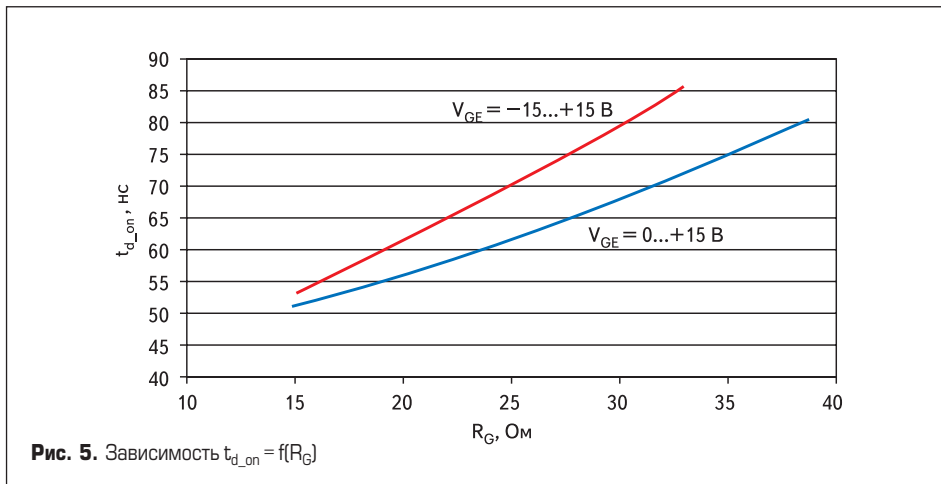


Рис. 4. Передаточная функция



Но, с другой стороны, общее время выключения при однополярном (от 0 до +15 В) напряжении управления на затворе больше, чем при двухполярном (от -15 до +15 В), что отражено на рис. 6.

### Области применения драйвера

Микросхема 2ED02012-F подходит не только для IGBT, но и, благодаря своей рабочей частоте переключения до 60 кГц, вполне применима для управления каскадами на основе MOSFET. Таким образом, открываются следующие возможности для ее использования:

- трехфазные мало- и среднomoщные преобразователи для электроприводов переменного тока и вентильных (бесконтактных) двигателей;
- H-мосты для питания двигателей постоянного тока или построения импульсных источников питания.

*Продолжение следует*

